

Химия. 8 класс. 1 вариант

Работа рассчитана на 240 минут.

Задание 1. Загадка медного порошка

При разборе коллекции минералов в одном из старейших университетов города нашли небольшую бутылочку с порошком. На пожелтевшей этикетке было написано: «Карбонат меди основной. №...». Запись прерывалась, и точное название установить не удалось – это мог быть либо азурит $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, либо малахит $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$. Для проведения экспертизы химик-реставратор прокалил навеску порошка массой 30 г при 350°C до постоянной массы, в результате получил продукт массой 21,6 г. Какой минерал находился в бутылочке? Подтвердите вывод расчетами, примите молярную массу меди – 64 г/моль. Какие еще реакции могли бы помочь определить состав порошка? Обоснуйте свой выбор. Приведите химические уравнения хотя бы для одного варианта.

(20 баллов)

Задание 2. Хроника одного разложения

При разложении 55,5 г водного раствора пероксида водорода при 105°C образовалась газовая смесь, занимающая объем 10,0 л при данной температуре и давлении 100 кПа. При пропускании полученной смеси через трубку с раскалённой медной стружкой образовалось 16,0 г черного порошка. Рассчитайте молярную концентрацию перекиси водорода в оставшемся растворе, если её степень разложения составила 40%. Напишите все описанные уравнения реакций.

Справка: Примите плотность полученного раствора равной 1 г/см^3 .

Состояние идеального газа описывается уравнением Менделеева-Клапейрона:

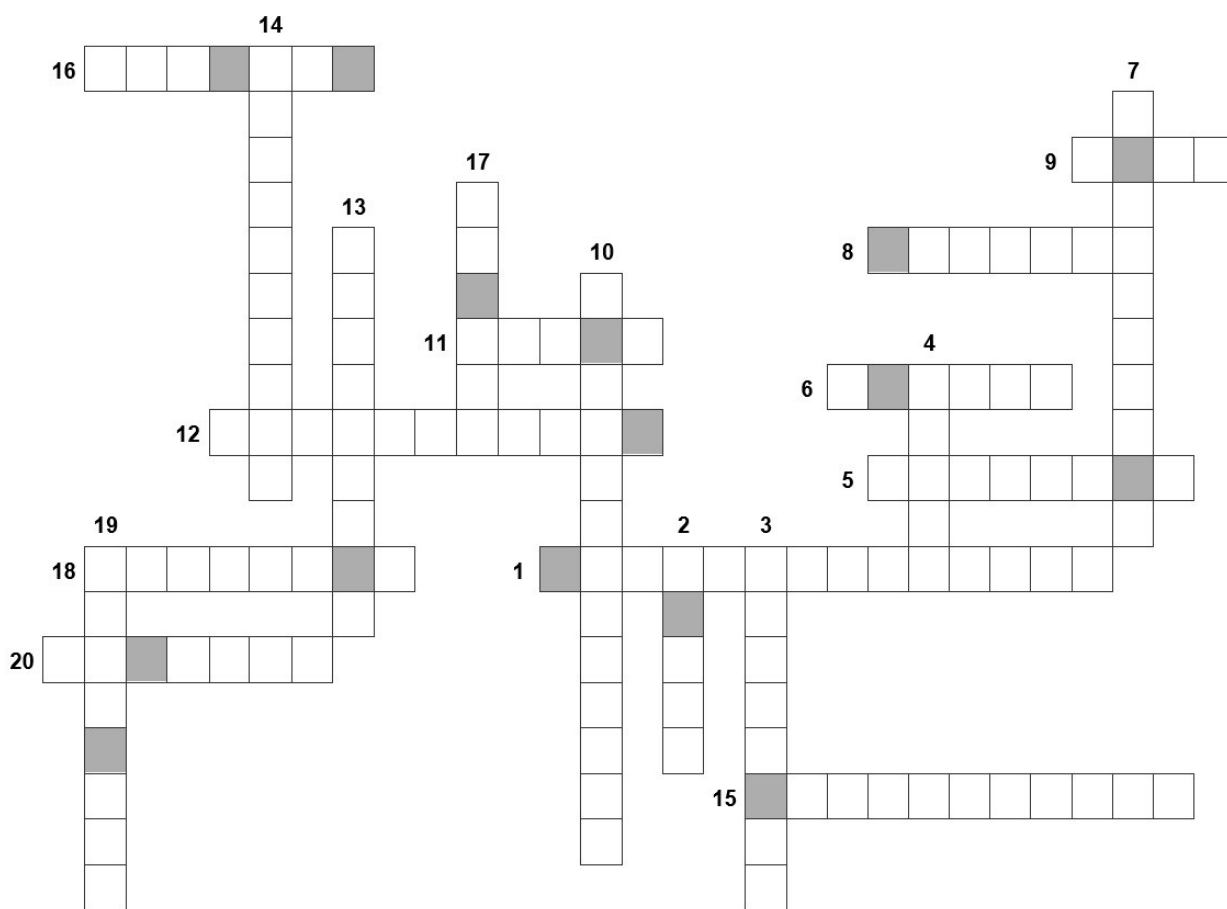
$$pV=nRT,$$

где p – давление (Па), V – объём (м^3), n – количество вещества газа (моль), $R \approx 8,314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ – универсальная газовая постоянная, T – температура в градусах Кельвина ($\text{K} = 273 + ^\circ\text{C}$).

(20 баллов)

Задание 3. Секретное слово

Используя подсказки, разгадайте кроссворд. Ответы запишите в формате «номер – слово». Из выделенных букв составьте слово и объясните его значение.



По горизонтали:

1. Процесс перехода вещества из жидкого состояния в твёрдое с образованием упорядоченной структуры.

5. Простое физическое объединение веществ без химического взаимодействия.

6. Твёрдое вещество, образующееся в результате химической реакции в растворе.

8. Атом или группа атомов с неспаренным электроном, обладающие высокой реакционной способностью.

9. Количественная характеристика компонента в смеси (массовая, объёмная, мольная).

11. Коллоидный раствор, в котором дисперсной фазой являются капли жидкости, а средой – газ.

12. Характеристика, определяющая концентрацию ионов H^+ в растворе.

15. Распад молекул электролита в растворе на ионы.

16. Электрически незаряженная элементарная частица, входящая в состав ядра атома.

18. Дисперсная система, состоящая из двух несмешивающихся жидкостей, где одна диспергирована в другой.

По вертикали:

2. Взаимодействие между атомами, приводящее к образованию молекул или кристаллов.

3. Постоянная, равная числу частиц в одном моле вещества.

4. Аллотропная форма углерода, обладающая высокой твёрдостью и прозрачностью.

7. Процесс захвата одного вещества (газа, жидкости) другим (чаще твёрдым или жидким) веществом.

10. Способность вещества переходить в раствор.

13. Образование нового вещества в виде газа или осадка в ходе химической реакции.

14. Реакция, в которой одно сложное вещество переходит в два (или более) простых вещества.

17. Ядро атома водорода.

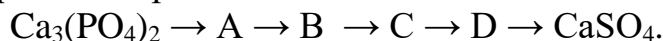
19. Проводник, контактирующий с электролитом в гальваническом элементе или при электролизе.

20. Процесс взаимодействия химических веществ с образованием новых.

(25 баллов)

Задание 4. Цепи, цепи кованые, расшифруйте нас

Составьте уравнения реакций для цепочки:



Укажите неизвестные вещества, если А, В, С содержат фосфор, а первые два превращения – окислительно-восстановительные реакции.

(14 баллов)

Задание 5. Что в имени тебе моём

В ходе лабораторной работы по изучению свойств щелочноземельных металлов к 50,0 мл раствора ортофосфорной кислоты с концентрацией 0,0600 моль/л аккуратно прилили 10,0 г насыщенного раствора гидроксида бария. Известно, что растворимость гидроксида бария при данных условиях составляет 3,89 г на 100 г воды.

Напишите уравнения протекающих реакций. Рассчитайте количества веществ (в молях) всех образовавшихся соединений бария, напишите их названия.

Примечание: Учтите, что процесс нейтрализации многоосновной кислоты может приводить к образованию как кислых, так и средних солей.

(21 балл)

Периодическая система химических элементов

1																	18								
1	Н 1 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 2 4,0026 0 Гелий Helium	1						
2	Li 3 6,94 +1 Литий Lithium	Be 4 9,0122 +2 Бериллий Beryllium																	B 5 10,81 +3 Бор Boron	C 6 12,011 +4 Углерод Carbon	N 7 14,007 +3 +5 Азот Nitrogen	O 8 15,999 -2 Кислород Oxygen	F 9 18,998 -1 Фтор Fluorine	Ne 10 20,1798 0 Неон Neon	2
3	Na 11 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 12 24,305 +2 Магний Magnesium																	Al 13 26,9815 +3 Алюминий Aluminium	Si 14 28,085 +4 Кремний Silicon	P 15 30,9738 +5 Фосфор Phosphorus	S 16 32,06 +6 Сера Sulfur	Cl 17 35,45 -1 Хлор Chlorine	Ar 18 39,95 0 Аргон Argon	3
4	K 19 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 20 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 21 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 22 47,867 +4 Титан Titanium	V 23 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 24 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 25 54,938 +2 +4 Марганец Manganese	Fe 26 55,845 +3 Железо Iron	Co 27 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 28 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 29 63,546 +2 Медь Copper	Zn 30 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 31 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 32 72,63 +4 Германий Germanium	As 33 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 34 78,971 +4 Селен Selenium	Br 35 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 36 83,798 0 +2 Криптон Krypton	4						
5	Rb 37 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 38 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 39 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 40 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 41 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 42 95,95 +4 +6 Молибден Molybdenum	Tc 43 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 44 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 45 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 46 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 47 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 48 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 49 114,818 +3 Индий Indium	Sn 50 118,71 +4 Олово Tin	Sb 51 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 52 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 53 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 54 131,293 0 +6 Ксенон Xenon	5						
6	Cs 55 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 56 137,327 +2 Барий Barium	La 57 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 72 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 73 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 74 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 75 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 76 190,23 +4 +8 Осмий Osmium	Ir 77 192,217 +3 +4 Иридий Iridium	Pt 78 195,084 +2 +4 Платина Platinum	Au 79 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 80 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 81 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 82 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 83 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 84 208,9824 +4 Полоний Polonium	At 85 [210] -1 Астат Astatine	Rn 86 [222] 0 +2 Радон Radon	6						
7	Fr 87 [223] +1 Франций Francium	Ra 88 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 89 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf 104 [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db 105 [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg 106 [269] (+6) Сиборгий Seaborgium	Bh 107 [270] (+7) Борий Bohrium	Hs 108 [269] (+8) Хассий Hassium	Mt 109 [278] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn 112 [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh 113 [286] ? Нихоний Nihonium	Fl 114 [290] ? Флеровий Flerovium	Mc 115 [290] ? Московский Moscovium	Lv 116 [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts 117 [294] ? Теннессин Tennessine	Og 118 [294] ? Оганесон Oganesson	7						
				Ce 58 140,116 +3 +4 Церий Cerium	Pr 59 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 60 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm 61 [145] +3 Прометий Promethium	Sm 62 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 63 151,964 +3 Европий Europium	Gd 64 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 66 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 68 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 69 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 70 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 71 174,9668 +3 Лютеций Lutetium								
				Th 90 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 91 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 92 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 93 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu 94 [244] +3 +4 Плутоний Plutonium	Am 95 [243] +3 Америций Americium	Cm 96 [247] +3 Кюрий Curium	Bk 97 [247] +3 Берклий Berkelium	Cf 98 [251] +3 Калифорний Californium	Es 99 [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 [257] +3 Фермий Fermium	Md 101 [258] +3 Менделевий Mendelevium	No 102 [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr 103 [266] +3 Лоуренсий Lawrencium								

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	Н
F ⁻	Р	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	М	Н	Н	Н	Р	Р	Р	–	Н	Р	Р
Cl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	М	Р	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р	?	Р	Р	Н	Н	Н	М	?
S ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	–	–	–	Н	–	–	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HS ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	–	Н	?	?	М	Н	Н	Н	?	?
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	–	Н	Р	Р
HSO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	–	?	?	?	?	?	?	?	?	Н	?	?
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
NO ₂ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	М	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	Р	Н	Р	Р	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HPO ₄ ²⁻	Р	?	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	?	Н	?	Н	?	?	?	М	Н	?
H ₂ PO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	Р	Р	Р	?	–	?	?
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	?	Н
HCO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	?	?	?	?	Р	?	?
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р	Р	–	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
SiO ₃ ²⁻	Н	Н	Р	Р	?	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	?	Н	Н	?	?	Н	?	?
MnO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	Р	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	?	Н	?	?	?	Р	?	?	Н	Н	М	?	Р
CrO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Н	?	?	?	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
ClO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р
ClO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р

«Р» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«М» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«Н» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«–» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

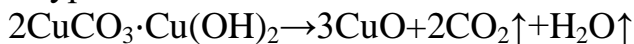
активность металлов уменьшается →

Химия. 8 класс. 1 вариант
Ответы

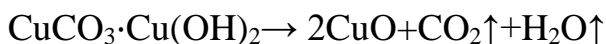
Задание 1.

Запишем уравнения разложения минералов при прокаливании:

Азурит:



Малахит:



Допустим, что минерал – азурит, тогда $n(2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2) = 30/346 = 0,0867$ моль

$$n(\text{CuO}) = 3 \cdot n(2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2) = 0,0867 \cdot 3 = 0,26 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuO})_{\text{теор.}} = 0,26 \cdot 80 = 20,8 \text{ г} - \text{не подходит.}$$

Допустим, что минерал – малахит, тогда $n(\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2) = 30/222 = 0,135$ моль

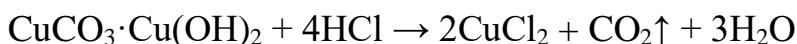
$$n(\text{CuO}) = 2 \cdot n(\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2) = 0,135 \cdot 2 = 0,27 \text{ моль}$$

$m(\text{CuO})_{\text{теор.}} = 0,27 \cdot 80 = 21,6 \text{ г} - \text{совпадает с условием. Следовательно, минерал – малахит.}$

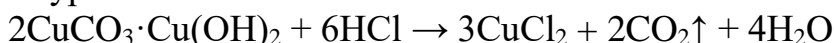
Минералы можно различить по реакции взаимодействия с соляной кислотой, поскольку объем выделившегося углекислого газа будет отличаться.

Уравнения реакций с соляной кислотой:

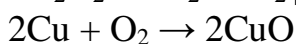
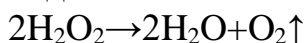
Малахит:



Азурит:



Задание 2.



$$n(\text{CuO}) = 16,0/80 = 0,2 \text{ моль}$$

Кислород, прореагировавший с медью:

$$n(\text{O}_2) = 1/2 \cdot n(\text{CuO}) = 0,1 \text{ моль}$$

Количество воды, образовавшееся по реакции:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,2 \text{ моль}$$

Пусть исходное количество H_2O_2 равно $n_{\text{исх}}$ моль.

$$\text{Разложилось: } n_{\text{разл}} = 0,4 \cdot n_{\text{исх}}$$

Из уравнения разложения:

$$n_{\text{O}_2} = 1/2 \cdot n_{\text{разл}} = 0,5 \cdot 0,4 \cdot n_{\text{исх}} = 0,2 \cdot n_{\text{исх}}$$

$$0,2 n_{\text{исх}} = 0,1 \Rightarrow n_{\text{исх}} = 0,5 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}_2)_{\text{исх}} = 0,5 \cdot 34 = 17 \text{ г}$$

Масса воды в исходном растворе:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 55,5 - 17 = 38,5 \text{ г}$$

После разложения:

Остаток H_2O_2 :

$$n_{\text{ост}} = n_{\text{исх}} - n_{\text{разл}} = 0,5 - 0,2 = 0,3 \text{ моль}$$

Масса остатка H_2O_2 :

$$m(\text{H}_2\text{O}_2)_{\text{ост}} = 0,3 \cdot 34 = 10,2 \text{ г}$$

Вода в системе:

Количество моль газов по уравнению Клапейрона-Менделеева:

$$n_{\text{газов}} = pV/RT = 100000 \cdot 0,010 / (8,314 \cdot 378) = 0,318 \text{ моль}$$

Из них кислород - 0,1 моль, вода, образовавшаяся по реакции - 0,2 моль, значит количество воды, перешедшее в пар:

$$n(\text{H}_2\text{O})_{\text{пар}} = 0,318 - 0,1 - 0,2 = 0,018 \text{ моль}$$

Тогда вода, оставшаяся в растворе:

$$n(\text{H}_2\text{O})_{\text{раствор}} = 38,5/18 - 0,018 = 2,12 \text{ моль}; m(\text{H}_2\text{O})_{\text{раствор}} = 38,2 \text{ г}$$

Масса раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = m(\text{H}_2\text{O}_2)_{\text{ост}} + m(\text{H}_2\text{O})_{\text{раствор}} = 10,2 + 38,2 = 48,4 \text{ г}$$

Объём:

$$V_{\text{р-ра}} = 48,4 \text{ мл} = 0,0484 \text{ л}$$

Молярная концентрация H_2O_2 в оставшемся растворе:

$$C = n_{\text{ост}}/V_{\text{р-ра}} = 0,3/0,0484 = 6,2 \text{ моль/л}$$

Задание 3.

- | | |
|-------------------|-----------------|
| 1. Кристаллизация | 11. Туман |
| 2. Связь | 12. Кислотность |
| 3. Авогадро | 13. Выделение |
| 4. Алмаз | 14. Разложение |
| 5. Смешение | 15. Диссоциация |
| 6. Осадок | 16. Нейтрон |
| 7. Поглощение | 17. Протон |
| 8. Радикал | 18. Эмульсия |
| 9. Доля | 19. Электрод |
| 10. Растворимость | 20. Реакция |

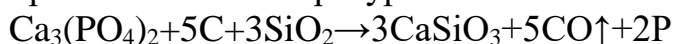
Секретное слово – РАДИОАКТИВНОСТЬ

Радиоактивность - самопроизвольное превращение нестабильных атомных ядер в другие ядра, сопровождающееся испусканием элементарных частиц (альфа-, бета-частиц) и гамма-квантов, что приводит к выделению энергии и образованию новых элементов или изотопов.

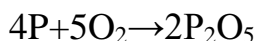
Задание 4

В данном задании могут быть приняты любые верные реакции. Один из вариантов решения приведен ниже.

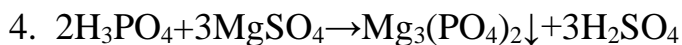
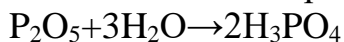
1. Восстановление фосфата кальция коксом в присутствии песка (силиката) при высокой температуре:



2. Сжигание фосфора в избытке кислорода:



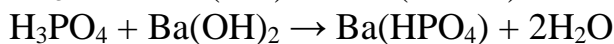
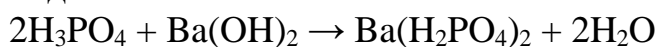
3. Растворение оксида фосфора(V) в воде:



Вещества:

- **A** – фосфор (P)
- **B** – оксид фосфора(V) (P_2O_5)
- **C** – ортофосфорная кислота (H_3PO_4)
- **D** – серная кислота H_2SO_4

Задание 5



Количество ортофосфорной кислоты:

$$n(H_3PO_4) = C \cdot V = 6,0 \cdot 10^{-2} \cdot 0,050 = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Количество гидроксида бария в добавленном растворе:

Растворимость $Ba(OH)_2$ составляет 3,89 г на 100 г воды. Масса насыщенного раствора:

$$m_{p-pa} = 100 + 3,89 = 103,89 \text{ г}$$

$$\omega(Ba(OH)_2) = 3,89 / 103,89 = 0,037$$

Масса $Ba(OH)_2$ в 10 г раствора:

$$m(Ba(OH)_2) = 10 \cdot 0,037 = 0,37 \text{ г}$$

$$n(Ba(OH)_2) = 0,37 / 171 = 0,00216 \text{ моль}$$

Определение продуктов реакции:

Соотношение количеств:

$$n(Ba(OH)_2) : n(H_3PO_4) = 0,00216 / 0,003 = 0,72.$$

Так как соотношение больше 0,5 (соответствует $Ba(H_2PO_4)_2$) и меньше 1 (соответствует $BaHPO_4$), образуется смесь дигидрофосфата и гидрофосфата бария.

Пусть x – количество $Ba(H_2PO_4)_2$ (моль), y – количество $BaHPO_4$ (моль).

Система:

$$2x + y = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ (по фосфору),}$$

$$x + y = 2,16 \cdot 10^{-3} \text{ (по барию).}$$

Решая систему:

$$x = 8,4 \cdot 10^{-4} \text{ моль (дигидрофосфат бария } Ba(H_2PO_4)_2);$$

$$y = 1,32 \cdot 10^{-3} \text{ моль (гидрофосфат бария } BaHPO_4).$$

Химия. 8 класс. 1 вариант
Критерии оценивания

Задание 1.

- За верные уравнения реакций разложения минералов – по 3 балла – 6 баллов.
 - За определение количества вещества малахита, азурита, оксида меди – по 2 балла – 6 баллов
 - За расчет массы оксида меди/минерала и доказательство малахита – 2 балла
 - За верный вывод о малахите, подтвержденный расчетами – 1 балл.
 - За верное предложение о реактиве, с помощью которого можно определить состав порошка – 1 балл
 - За уравнения реакций, подтверждающее предложение – по 2 балла (для азурита и малахита) – 4 балла.
- Итого: 20 баллов.**

Задание 2.

- За уравнения реакции – по 1 баллу – 2 балла
 - За расчет количества вещества кислорода – 2 балла
 - За определение количества вещества воды и перекиси по реакции – по 1 баллу – 2 балла
 - За определение исходных масс перекиси водорода и воды – по 2 балла – 4 балла
 - За расчет оставшегося количества перекиси – 2 балла
 - За определение количества моль газов по уравнению Клапейрона-Менделеева – 3 балла
 - За определение количества воды, перешедшей в пар – 2 балла
 - За определение концентрации раствора - 3 балла
- Итого: 20 баллов.**

Задание 3.

- За каждое верно определенное слово кроссворда – по 1 баллу – 20 баллов
 - За верно определенное секретное слово – 3 балла
 - За верное объяснение понятия – 2 балла
- Итого: 25 баллов.**

Задание 4.

- За верно написанные реакции – по 2 балла – 10 баллов.
 - За указание А, В, С, D – по 1 баллу – 4 балла
- Итого: 14 баллов.**

Задание 5.

- За расчет количества вещества фосфорной кислоты – 2 балла
- За определение количества гидроксида бария в исходном растворе – 3 балла

За написание уравнений получения гидрофосфата и дигидрофосфата – по 1 баллу – 2 балла

За выведение верных продуктов реакции – по 2 балла – 4 балла

За название продуктов реакции – по 2 балла – 4 балла

За определение верных количеств веществ продуктов реакции – по 3 балла – 6 баллов

Итого: 21 балл

Химия. 8 класс. 2 вариант

Работа рассчитана на 240 минут

Задание 1. Загадка медного порошка

При реставрации старинной химической лаборатории была обнаружена стеклянная ампула с порошком. На этикетке сохранилась лишь часть записи: «...карбонат меди основной...». Экспертам предстояло выяснить, является порошок малахитом $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ или азуритом $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$. Для проведения анализа взяли навеску порошка массой 4,5 г и обработали её избытком соляной кислоты. В результате реакции наблюдалось бурное выделение газа. Выделившийся газ собрали, его объём при нормальных условиях составил 0,58 л. Какой минерал находился в ампуле? Подтвердите вывод расчетами, примите молярную массу меди – 64 г/моль. Какие еще реакции, кроме использования кислот, могли бы помочь определить состав порошка? Обоснуйте свой выбор. Приведите химические уравнения хотя бы для одного варианта.

(20 баллов)

Задание 2. Хроника одного разложения

При разложении 125,5 г водного раствора пероксида водорода при 105 °С образовалась газовая смесь, занимающая объем 32,6 л при данной температуре и давлении 100 кПа. При пропускании полученной смеси через трубку с раскалённой медной стружкой образовалось 24,0 г черного порошка. Рассчитайте молярную концентрацию перекиси водорода в оставшемся растворе, если её степень разложения составила 52%. Напишите все описанные уравнения реакций.

Справка: Примите плотность полученного раствора равной 1 г/см³.

Состояние идеального газа описывается уравнением Менделеева-Клапейрона:

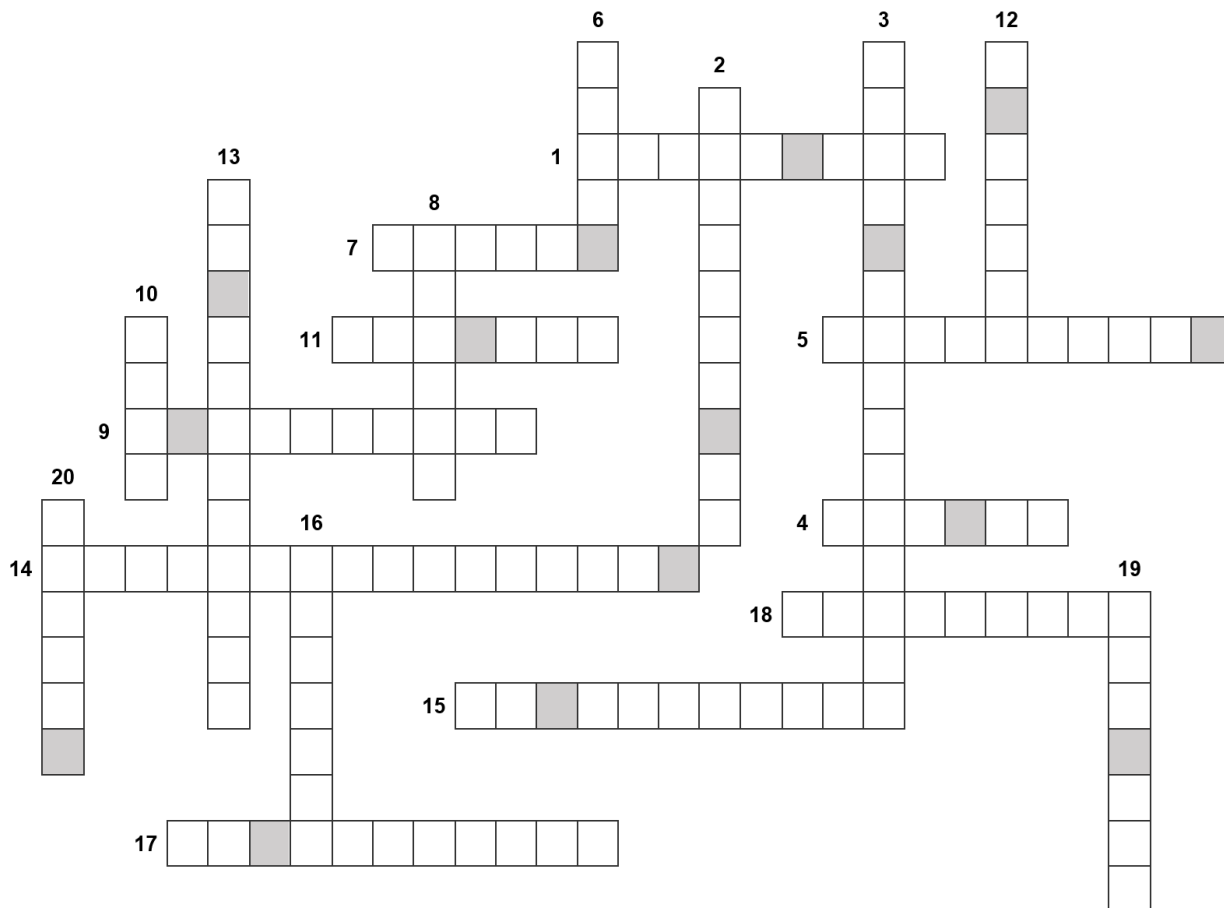
$$pV=nRT,$$

где p – давление (Па), V – объём (м³), n – количество вещества газа (моль), $R \approx 8,314$ Дж/(моль·К) – универсальная газовая постоянная, T – температура в градусах Кельвина ($K = 273 + ^\circ\text{C}$).

(20 баллов)

Задание 3. Секретное слово

Используя подсказки, разгадайте кроссворд. Ответы запишите в формате «номер – слово». Из выделенных букв составьте слово и объясните его значение.



По горизонтали:

1. Иррациональный страх, предубеждение против всего «химического», часто основанное на незнании.

4. Условное обозначение химического элемента, состоящее из одной или двух букв латинского названия.

5. Материал на основе полимеров, способный при нагревании размягчаться и под давлением принимать нужную форму.

7. Горизонтальная строка химических элементов в Периодической системе Д. И. Менделеева.

9. Древнегреческий философ, чьё учение о четырёх стихиях (огне, воде, земле, воздухе) долго господствовало в алхимии.

11. В алхимии – гипотетическая субстанция, способная превращать неблагородные металлы в золото или дарующая бессмертие.

14. Физическая величина, характеризующая способность вещества передавать тепловую энергию от более нагретых частей к менее нагретым.

15. Научный опыт, наблюдение исследуемого явления в точно учитываемых условиях.

17. Область науки и техники, охватывающая процессы получения металлов из руд, их очистки и придания нужных свойств.

18. Метод разделения или очистки жидкостей, основанный на различии температур кипения компонентов смеси.

По вертикали:

2. Потеря прозрачности раствора или среды, часто являющаяся признаком протекания химической реакции.

3. Кристаллическое вещество, в состав которого входят молекулы воды, называемые кристаллизационной водой.

6. Отношение практически полученного количества продукта к теоретически возможному.

8. Древняя цивилизация, где были высоко развиты практические химические ремёсла (стеклоделие, получение красок, бальзамирование).

10. Побочный продукт или отход в металлургическом производстве.

12. Мелкодисперсное окрашивающее вещество.

13. Свойство материала необратимо изменять свою форму и размеры под действием механических нагрузок без разрушения.

16. Пространственное упорядоченное расположение частиц (атомов, ионов, молекул) в кристалле.

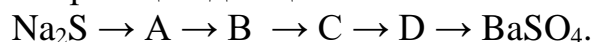
19. Самый длительный период развития химии.

20. Твёрдый, аморфный, прозрачный материал, получаемый при остывании расплава оксидов кремния и других элементов.

(25 баллов)

Задание 4. Цепи, цепи кованые, расшифруйте нас

Составьте уравнения реакций для цепочки:



Укажите неизвестные вещества, если А, В, С, D содержат серу, а первое, второе и четвертое превращения – окислительно-восстановительные реакции.

(14 баллов)

Задание 5. Что в имени тебе моём?

В ходе лабораторной работы по изучению свойств щелочноземельных металлов к 60,0 мл водного раствора ортофосфорной кислоты с концентрацией 0,0800 моль/л добавили 25,0 г насыщенного раствора гидроксида стронция. Растворимость гидроксида стронция при температуре проведения опыта составляет 1,70 г на 100 г воды.

Напишите уравнения протекающих реакций. Рассчитайте количества веществ (в молях) всех образовавшихся соединений стронция, напишите их названия.

Примечание: Учтите, что процесс нейтрализации многоосновной кислоты может приводить к образованию как кислых, так и средних солей.

(21 балл)

Периодическая система химических элементов

1																	18								
1	H 1 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 2 4,0026 0 Гелий Helium	1						
2	Li 3 6,94 +1 Литий Lithium	Be 4 9,0122 +2 Бериллий Beryllium																	B 5 10,81 +3 Бор Boron	C 6 12,011 +4 Углерод Carbon	N 7 14,007 +3 -3 +5 Азот Nitrogen	O 8 15,999 -2 +3 Кислород Oxygen	F 9 18,998 -1 Фтор Fluorine	Ne 10 20,1798 0 Неон Neon	2
3	Na 11 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 12 24,305 +2 Магний Magnesium																	Al 13 26,9815 +3 Алюминий Aluminium	Si 14 28,085 +4 Кремний Silicon	P 15 30,9738 +5 Фосфор Phosphorus	S 16 32,06 +6 Сера Sulfur	Cl 17 35,45 -1 Хлор Chlorine	Ar 18 39,95 0 Аргон Argon	3
4	K 19 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 20 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 21 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 22 47,867 +4 Титан Titanium	V 23 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 24 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 25 54,938 +2 +4 Марганец Manganese	Fe 26 55,845 +3 Железо Iron	Co 27 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 28 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 29 63,546 +2 Медь Copper	Zn 30 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 31 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 32 72,63 +4 Германий Germanium	As 33 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 34 78,971 +4 Селен Selenium	Br 35 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 36 83,798 0 Криптон Krypton	4						
5	Rb 37 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 38 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 39 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 40 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 41 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 42 95,95 +4 +6 Молибден Molybdenum	Tc 43 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 44 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 45 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 46 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 47 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 48 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 49 114,818 +3 Индий Indium	Sn 50 118,71 +4 Олово Tin	Sb 51 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 52 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 53 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 54 131,293 0 +6 Ксенон Xenon	5						
6	Cs 55 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 56 137,327 +2 Барий Barium	La 57 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 72 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 73 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 74 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 75 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 76 190,23 +8 Осмий Osmium	Ir 77 192,217 +4 Иридий Iridium	Pt 78 195,084 +3 Платина Platinum	Au 79 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 80 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 81 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 82 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 83 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 84 208,9824 +4 Полоний Polonium	At 85 [210] -1 Астат Astatine	Rn 86 [222] 0 +2 Радон Radon	6						
7	Fr 87 [223] +1 Франций Francium	Ra 88 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 89 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf 104 [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db 105 [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg 106 [269] (+6) Сиборгий Seaborgium	Bh 107 [270] (+7) Борий Bohrium	Hs 108 [269] (+8) Хассий Hassium	Mt 109 [278] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn 112 [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh 113 [286] ? Нихоний Nihonium	Fl 114 [290] ? Флеровий Flerovium	Mc 115 [290] ? Московский Moscovium	Lv 116 [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts 117 [294] ? Теннесси Tennessine	Og 118 [294] ? Оганесон Oganesson	7						
				Ce 58 140,116 +3 +4 Церий Cerium	Pr 59 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 60 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm 61 [145] +3 Прометий Promethium	Sm 62 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 63 151,964 +3 Европий Europium	Gd 64 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 66 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 68 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 69 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 70 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 71 174,9668 +3 Лютеций Lutetium								
				Th 90 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 91 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 92 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 93 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu 94 [244] +3 +4 Плутоний Plutonium	Am 95 [243] +3 Америций Americium	Cm 96 [247] +3 Кюрий Curium	Bk 97 [247] +3 Берклий Berkelium	Cf 98 [251] +3 Калифорний Californium	Es 99 [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 [257] +3 Фермий Fermium	Md 101 [258] +3 Менделевий Mendelevium	No 102 [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr 103 [266] +3 Лоуренсий Lawrencium								

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	Н
F ⁻	Р	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	М	Н	Н	Н	Р	Р	Р	–	Н	Р	Р
Cl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	М	Р	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р	?	Р	Р	Н	Н	Н	М	?
S ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	–	–	–	Н	–	–	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HS ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	–	Н	?	?	М	Н	Н	Н	?	?
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	–	Н	Р	Р
HSO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	–	?	?	?	?	?	?	?	?	Н	?	?
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
NO ₂ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	М	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	Р	Н	Р	Р	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HPO ₄ ²⁻	Р	?	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	?	Н	?	Н	?	?	?	М	Н	?
H ₂ PO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	Р	Р	Р	?	–	?	?
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	?	Н
HCO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	?	?	?	?	Р	?	?
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р	Р	–	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
SiO ₃ ²⁻	Н	Н	Р	Р	?	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	?	Н	Н	?	?	Н	?	?
MnO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	Р	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	?	Н	?	?	?	Р	?	?	Н	Н	М	?	Р
CrO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Н	?	?	?	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
ClO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р
ClO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р

«Р» – растворится (> 1 г на 100 г H₂O);

«М» – мало растворится (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«Н» – не растворится (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«→» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au →

активность металлов уменьшается

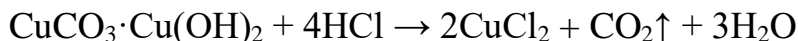
Химия. 8 класс. 2 вариант

Ответы

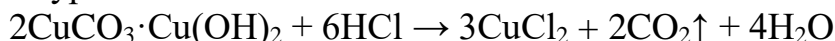
Задание 1.

Уравнения реакций с соляной кислотой:

Малахит:



Азурит:



$$n(\text{малахита}) = 4,5 \text{ г} / 222 \text{ г/моль} = 0,02 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{малахита}) = 0,02 \text{ моль}$$

Теоретический объём:

$$V(\text{CO}_2) = 0,02 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 0,448 \text{ л} - \text{не подходит}$$

$$n(\text{азурита}) = 4,5 \text{ г} / 346 \text{ г/моль} = 0,013 \text{ моль}$$

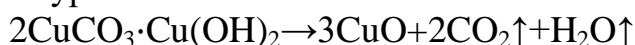
$$n(\text{CO}_2) = 2 \cdot n(\text{азурита}) = 2 \cdot 0,013 \text{ моль} = 0,026 \text{ моль}$$

$V(\text{CO}_2) = 0,026 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 0,5824 \text{ л}$ – подходит по условию задачи, следовательно в ампуле азурит.

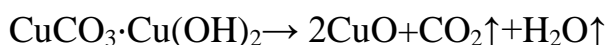
Минералы можно различить с помощью термического разложения, поскольку при этом выделится различное количество углекислого газа и оксида меди.

Запишем уравнения разложения минералов при прокаливании:

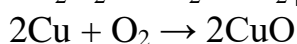
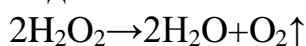
Азурит:



Малахит:



Задание 2.



$$n(\text{CuO}) = 24,0 / 80 = 0,3 \text{ моль}$$

Кислород, прореагировавший с медью:

$$n(\text{O}_2) = 1/2 \cdot n(\text{CuO}) = 0,15 \text{ моль}$$

Количество воды, образовавшееся по реакции:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,3 \text{ моль}$$

Пусть исходное количество H_2O_2 равно $n_{\text{исх}}$ моль.

$$\text{Разложилось: } n_{\text{разл}} = 0,52 \cdot n_{\text{исх}}$$

Из уравнения разложения:

$$n_{\text{O}_2} = 1/2 \cdot n_{\text{разл}} = 0,5 \cdot 0,52 \cdot n_{\text{исх}} = 0,26 \cdot n_{\text{исх}}$$

$$0,26 n_{\text{исх}} = 0,15 \Rightarrow n_{\text{исх}} = 0,577 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}_2)_{\text{исх}} = 0,577 \cdot 34 = 19,6 \text{ г}$$

Масса воды в исходном растворе:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 125,5 - 19,6 = 105,9 \text{ г}$$

После разложения:

Остаток H_2O_2 :

$$n_{\text{ост}} = n_{\text{исх}} - n_{\text{разл}} = 0,577 - 0,3 = 0,277 \text{ моль}$$

Масса остатка H_2O_2 :

$$m(\text{H}_2\text{O}_2)_{\text{ост}} = 0,277 \cdot 34 = 9,42 \text{ г}$$

Вода в системе:

Количество моль газов по уравнению Клапейрона-Менделеева:

$$n_{\text{газов}} = pV/RT = 100000 \cdot 0,0326 / (8,314 \cdot 378) = 1,037 \text{ моль}$$

Из них кислород - 0,15 моль, вода, образовавшаяся по реакции - 0,3 моль, значит количество воды, перешедшее в пар:

$$n(\text{H}_2\text{O})_{\text{пар}} = 1,037 - 0,15 - 0,3 = 0,587 \text{ моль}$$

Тогда вода, оставшаяся в растворе:

$$n(\text{H}_2\text{O})_{\text{раствор}} = 105,9/18 - 0,587 = 5,3 \text{ моль}; m(\text{H}_2\text{O})_{\text{раствор}} = 95,4 \text{ г}$$

Масса раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = m(\text{H}_2\text{O}_2)_{\text{ост}} + m(\text{H}_2\text{O})_{\text{раствор}} = 9,42 + 95,4 = 104,82 \text{ г}$$

Объём:

$$V_{\text{р-ра}} = 104,82 \text{ мл} = 0,10482 \text{ л}$$

Молярная концентрация H_2O_2 в оставшемся растворе:

$$C = n_{\text{ост}}/V_{\text{р-ра}} = 0,277/0,10482 = 2,64 \text{ моль/л}$$

Задание 3.

- | | |
|--------------------|----------------------|
| 1. Хемофобия | 11. Эликсир |
| 2. Помутнение | 12. Пигмент |
| 3. Кристаллогидрат | 13. Пластичность |
| 4. Символ | 14. Теплопроводность |
| 5. Пластмасса | 15. Эксперимент |
| 6. Выход | 16. Решетка |
| 7. Период | 17. Металлургия |
| 8. Египет | 18. Перегонка |
| 9. Аристотель | 19. Алхимия |
| 10. Шлак | 20. Стекло |

Секретное слово – РАДИОАКТИВНОСТЬ

Радиоактивность - самопроизвольное превращение нестабильных атомных ядер в другие ядра, сопровождающееся испусканием элементарных частиц (альфа-, бета-частиц) и гамма-квантов, что приводит к выделению энергии и образованию новых элементов или изотопов.

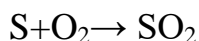
Задание 4.

В данном задании могут быть приняты любые верные реакции. Один из вариантов решения приведен ниже.

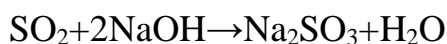
1. Неполное окисление сульфида натрия кислородом в присутствии воды:



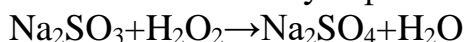
2. Сжигание серы в кислороде:



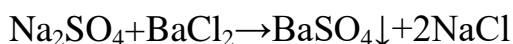
3. Поглощение диоксида серы раствором щёлочи:



4. Окисление сульфита натрия пероксидом водорода:



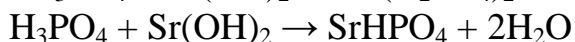
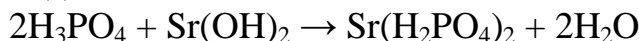
5. Обменная реакция с хлоридом бария:



Вещества:

- А – сера (S)
- В – оксид серы(IV) (SO_2)
- С – сульфит натрия (Na_2SO_3)
- D – сульфат натрия (Na_2SO_4)

Задание 5



Количество ортофосфорной кислоты:

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = C \cdot V = 6,0 \cdot 10^{-2} \cdot 0,08 = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Количество гидроксида стронция в добавленном растворе:
Растворимость $\text{Sr}(\text{OH})_2$ составляет 1,70 г на 100 г воды. Масса насыщенного раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = 100 + 1,70 = 101,70 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Sr}(\text{OH})_2) = 1,70 / 101,70 = 0,0167$$

Масса $\text{Sr}(\text{OH})_2$ в 25 г раствора:

$$m(\text{Sr}(\text{OH})_2) = 25 \cdot 0,0167 = 0,4175 \text{ г}$$

$$n(\text{Sr}(\text{OH})_2) = 0,4175 / 122 = 0,00342 \text{ моль}$$

Определение продуктов реакции:

Соотношение количеств:

$$n(\text{Sr}(\text{OH})_2) : n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,00342 / 0,0048 = 0,71.$$

Так как соотношение больше 0,5 (соответствует $\text{Sr}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) и меньше 1 (соответствует SrHPO_4), образуется смесь дигидрофосфата и гидрофосфата стронция.

Пусть x – количество $\text{Sr}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (моль), y – количество SrHPO_4 (моль).

Система:

$$2x + y = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ (по фосфору),}$$

$$x + y = 3,42 \cdot 10^{-3} \text{ (по стронцию).}$$

Решая систему:

$$x = 1,38 \cdot 10^{-3} \text{ моль (дигидрофосфат стронция } \text{Sr}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2);$$

$$y = 2,04 \cdot 10^{-3} \text{ моль (гидрофосфат стронция } \text{SrHPO}_4).$$

Химия. 8 класс. 2 вариант
Критерии оценивания

Задание 1.

За верные уравнения реакций взаимодействия с соляной кислотой – по 3 балла – 6 баллов.

За определение количества вещества малахита, азурита, углекислого газа – по 2 балла – 6 баллов

За расчет объема углекислого газа/ массы минерала и доказательство азурита – 2 балла

За верный вывод об азурите, , подтвержденный расчетами – 1 балл.

За верное предложение о реактиве или способе, с помощью которого можно определить состав порошка – 1 балл

За уравнения реакций, подтверждающее предложение – по 2 балла (для азурита и малахита) – 4 балла.

Итого: 20 баллов.

Задание 2.

За уравнения реакции – по 1 баллу – 2 балла

За расчет количества вещества кислорода – 2 балла

За определение количества вещества воды и перекиси по реакции – по 1 баллу – 2 балла

За определение исходных масс перекиси водорода и воды – по 2 балла – 4 балла

За расчет оставшегося количества перекиси – 2 балла

За определение количества моль газов по уравнению Клапейрона-Менделеева – 3 балла

За определение количества воды, перешедшей в пар – 2 балла

За определение концентрации раствора - 3 балла

Итого: 20 баллов.

Задание 3.

За каждое верно определенное слово кроссворда – по 1 баллу – 20 баллов

За верно определенное секретное слово – 3 балла

За верное объяснение понятия – 2 балла

Итого: 25 баллов.

Задание 4.

За верно написанные реакции – по 2 балла – 10 баллов.

За указание А, В, С, D – по 1 баллу – 4 балла

Итого: 14 баллов.

Задание 5.

За расчет количества вещества фосфорной кислоты – 2 балла

За определение количества гидроксида стронция в исходном растворе – 3 балла

За написание уравнений получения гидрофосфата и дигидрофосфата – по 1 баллу – 2 балла

За выведение верных продуктов реакции – по 2 балла – 4 балла

За название продуктов реакции – по 2 балла – 4 балла

За определение верных количеств веществ продуктов реакции – по 3 балла – 6 баллов

Итого: 21 балл

Химия. 8 класс. 3 вариант

Работа рассчитана на 240 минут

Задание 1. Загадка медного порошка

При разборе коллекции минералов в одном из старейших университетов города нашли небольшую бутылочку с порошком. На пожелтевшей этикетке было написано: «Карбонат меди основной. №...». Запись прерывалась, и точное название установить не удалось – это мог быть либо азурит $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, либо малахит $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$. Для проведения экспертизы химик-реставратор прокалил навеску порошка массой 45 г при $350\text{ }^\circ\text{C}$ до постоянной массы, в результате получил продукт массой 32,5 г. Какой минерал находился в бутылочке? Подтвердите вывод расчетами, примите молярную массу меди – 64 г/моль. Какие еще реакции могли бы помочь определить состав порошка? Обоснуйте свой выбор. Приведите химические уравнения хотя бы для одного варианта.

(20 баллов)

Задание 2. Хроника одного разложения

При разложении 95,5 г водного раствора пероксида водорода при $105\text{ }^\circ\text{C}$ образовалась газовая смесь, занимающая объем 12,6 л при данной температуре и давлении 100 кПа. При пропускании полученной смеси через трубку с раскалённой медной стружкой образовалось 18,0 г черного порошка. Рассчитайте молярную концентрацию перекиси водорода в оставшемся растворе, если её степень разложения составила 48%. Напишите все описанные уравнения реакций.

Справка: Примите плотность полученного раствора равной 1 г/см^3 .

Состояние идеального газа описывается уравнением Менделеева-Клапейрона:

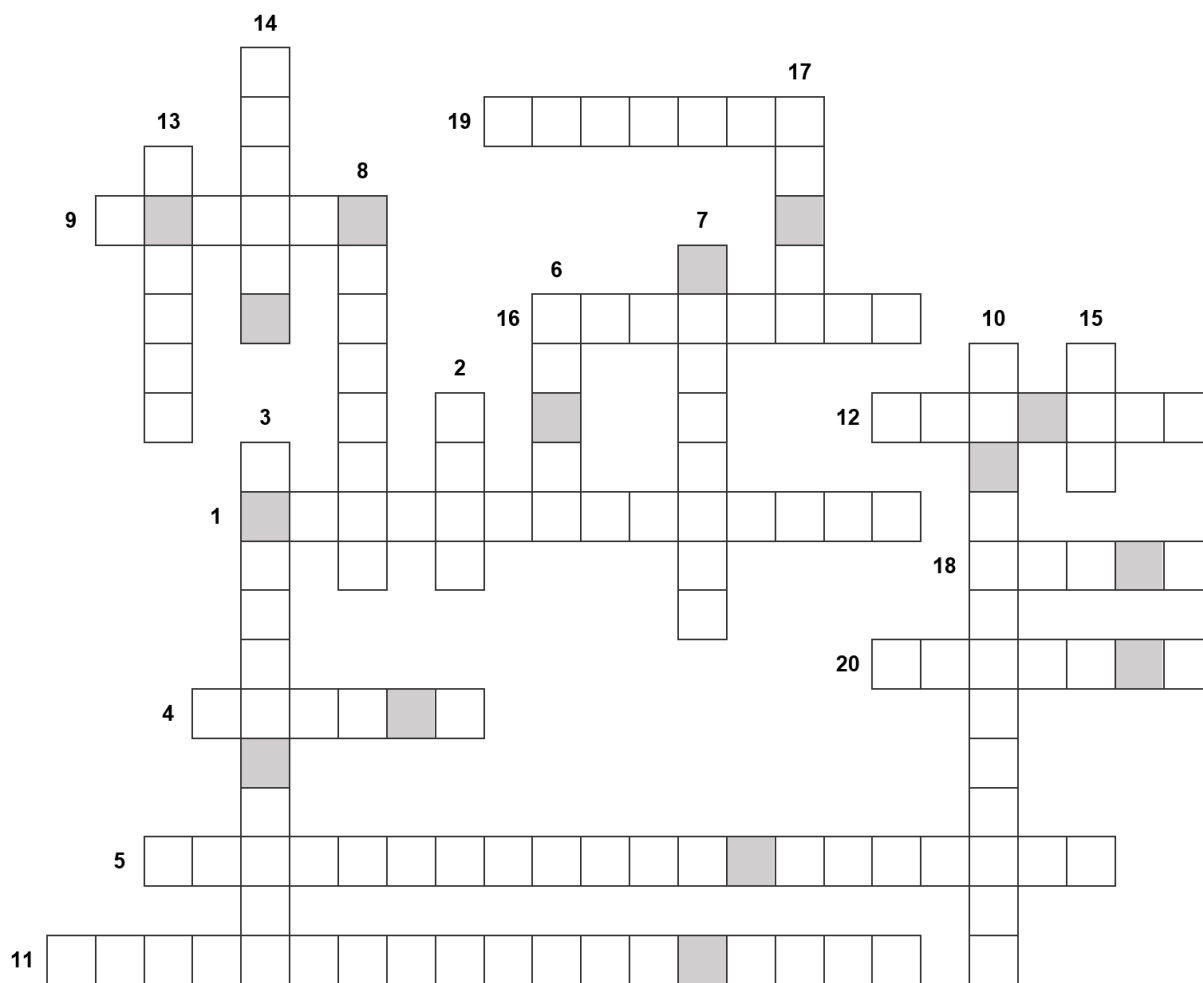
$$pV=nRT,$$

где p – давление (Па), V – объём (м^3), n – количество вещества газа (моль), $R \approx 8,314\text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ – универсальная газовая постоянная, T – температура в градусах Кельвина ($\text{К} = 273 + \text{ }^\circ\text{C}$).

(20 баллов)

Задание 3. Секретное слово

Используя подсказки, разгадайте кроссворд. Ответы запишите в формате «номер – слово». Из выделенных букв составьте слово и объясните его значение.



По горизонтали:

1. Процесс перехода вещества из жидкого состояния в твёрдое с образованием упорядоченной структуры.

4. Ядро атома водорода.

5. Фундаментальное свойство атома или молекулы, означающее равенство числа положительных и отрицательных зарядов.

9. Вертикальный столбец химических элементов в Периодической системе, обладающих сходными свойствами.

11. Способность вещества проводить электрический ток.

12. Небольшая лопаточка, используемая в лаборатории для взятия и пересыпания порошкообразных веществ.

16. Область пространства вокруг атомного ядра, где наиболее вероятно нахождение электрона.

18. Отношение практически полученного количества продукта к теоретически возможному.

19. Условная запись состава и строения вещества с помощью символов химических элементов, индексов и других знаков.

20. Быстрая химическая реакция окисления вещества, сопровождающаяся выделением тепла и света.

По вертикали:

2. Вид радиоактивного излучения, представляющий собой поток быстрых электронов или позитронов.

3. Научный опыт, наблюдение исследуемого явления в точно учитываемых условиях.

6. Место складирования пустой породы на горно-обогатительном комбинате или карьере.

7. Самопроизвольный процесс взаимного проникновения частиц одного вещества между частицами другого.

8. Оксид, который при взаимодействии с водой образует кислоту.

10. Способность вещества переходить в раствор.

13. Сплав меди с оловом.

14. Древняя цивилизация, где были высоко развиты практические химические ремёсла (стеклоделие, получение красок, бальзамирование).

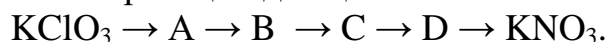
15. Осадочная горная порода белого цвета, состоящая в основном из карбоната кальция.

17. Вид радиоактивного излучения, представляющий собой поток ядер гелия.

(25 баллов)

Задание 4. Цепи, цепи кованые, расшифруйте нас

Составьте уравнения реакций для цепочки:



Укажите неизвестные вещества, если А, В, С, D содержат хлор, а первые три превращения – окислительно-восстановительные реакции.

(14 баллов)

Задание 5. Что в имени тебе моём?

В ходе лабораторной работы по изучению свойств щелочноземельных металлов к 40,0 мл водного раствора ортофосфорной кислоты с концентрацией 0,0800 моль/л добавили 1 г гидроксида кальция.

Напишите уравнения протекающих реакций. Рассчитайте количества веществ (в молях) всех образовавшихся соединений кальция, напишите их названия. Какова среда в полученном растворе (кислая, щелочная, нейтральная)?

Примечание: Учтите, что процесс нейтрализации многоосновной кислоты может приводить к образованию как кислых, так и средних солей.

(21 балл)

Периодическая система химических элементов

1																	18								
1	Н 1 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 2 4,0026 0 Гелий Helium	1						
2	Li 3 6,94 +1 Литий Lithium	Be 4 9,0122 +2 Бериллий Beryllium																	B 5 10,81 +3 Бор Boron	C 6 12,011 +4 Углерод Carbon	N 7 14,007 +3 +5 Азот Nitrogen	O 8 15,999 -2 Кислород Oxygen	F 9 18,998 -1 Фтор Fluorine	Ne 10 20,1798 0 Неон Neon	2
3	Na 11 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 12 24,305 +2 Магний Magnesium																	Al 13 26,9815 +3 Алюминий Aluminium	Si 14 28,085 +4 Кремний Silicon	P 15 30,9738 +5 Фосфор Phosphorus	S 16 32,06 +6 Сера Sulfur	Cl 17 35,45 -1 Хлор Chlorine	Ar 18 39,95 0 Аргон Argon	3
4	K 19 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 20 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 21 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 22 47,867 +4 Титан Titanium	V 23 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 24 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 25 54,938 +2 +4 Марганец Manganese	Fe 26 55,845 +3 Железо Iron	Co 27 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 28 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 29 63,546 +2 Медь Copper	Zn 30 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 31 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 32 72,63 +4 Германий Germanium	As 33 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 34 78,971 +4 Селен Selenium	Br 35 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 36 83,798 +2 Криптон Krypton	4						
5	Rb 37 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 38 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 39 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 40 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 41 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 42 95,95 +4 +6 Молибден Molybdenum	Tc 43 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 44 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 45 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 46 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 47 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 48 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 49 114,818 +3 Индий Indium	Sn 50 118,71 +4 Олово Tin	Sb 51 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 52 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 53 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 54 131,293 +6 Ксенон Xenon	5						
6	Cs 55 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 56 137,327 +2 Барий Barium	La 57 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 72 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 73 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 74 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 75 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 76 190,23 +4 +8 Осмий Osmium	Ir 77 192,217 +3 +4 Иридий Iridium	Pt 78 195,084 +2 +4 Платина Platinum	Au 79 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 80 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 81 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 82 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 83 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 84 208,9824 +4 Полоний Polonium	At 85 [210] -1 Астат Astatine	Rn 86 [222] +2 Радон Radon	6						
7	Fr 87 [223] +1 Франций Francium	Ra 88 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 89 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf 104 [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db 105 [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg 106 [269] (+6) Сиборгий Seaborgium	Bh 107 [270] (+7) Борий Bohrium	Hs 108 [269] (+8) Хассий Hassium	Mt 109 [278] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn 112 [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh 113 [286] ? Нихоний Nihonium	Fl 114 [290] ? Флеровий Flerovium	Mc 115 [290] ? Московский Moscovium	Lv 116 [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts 117 [294] ? Теннессин Tennessine	Og 118 [294] ? Оганесон Oganesson	7						
				Ce 58 140,116 +3 +4 Церий Cerium	Pr 59 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 60 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm 61 [145] +3 Прометий Promethium	Sm 62 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 63 151,964 +3 Европий Europium	Gd 64 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 66 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 68 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 69 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 70 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 71 174,9668 +3 Лютеций Lutetium								
				Th 90 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 91 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 92 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 93 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu 94 [244] +3 +4 Плутоний Plutonium	Am 95 [243] +3 Америций Americium	Cm 96 [247] +3 Кюрий Curium	Bk 97 [247] +3 Берклий Berkelium	Cf 98 [251] +3 Калифорний Californium	Es 99 [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 [257] +3 Фермий Fermium	Md 101 [258] +3 Менделевий Mendelevium	No 102 [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr 103 [266] +3 Лоуренсий Lawrencium								

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	Н
F ⁻	Р	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	М	Н	Н	Н	Р	Р	Р	–	Н	Р	Р
Cl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	М	Р	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р	?	Р	Р	Н	Н	Н	М	?
S ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	–	–	–	Н	–	–	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HS ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	–	Н	?	?	М	Н	Н	Н	?	?
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	–	Н	Р	Р
HSO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	–	?	?	?	?	?	?	?	?	Н	?	?
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
NO ₂ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	М	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	Р	Н	Р	Р	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HPO ₄ ²⁻	Р	?	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	?	Н	?	Н	?	?	?	М	Н	?
H ₂ PO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	Р	Р	Р	?	–	?	?
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	?	Н
HCO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	?	?	?	?	Р	?	?
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р	Р	–	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
SiO ₃ ²⁻	Н	Н	Р	Р	?	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	?	Н	Н	?	?	Н	?	?
MnO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	Р	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	?	Н	?	?	?	Р	?	?	Н	Н	М	?	Р
CrO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Н	?	?	?	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
ClO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р
ClO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р

«Р» – растворится (> 1 г на 100 г H₂O);

«М» – мало растворится (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«Н» – не растворится (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«→» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au →

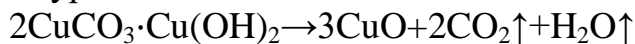
активность металлов уменьшается

Химия. 8 класс. 3 вариант
Ответы

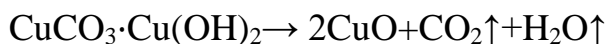
Задание 1.

Запишем уравнения разложения минералов при прокаливании:

Азурит:



Малахит:



Допустим, что минерал – азурит, тогда $n(2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2) = 45/346 = 0,13$ моль

$$n(\text{CuO}) = 3 * n(2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2) = 0,13 * 3 = 0,39 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuO})_{\text{теор.}} = 0,39 * 80 = 31,2 \text{ г} - \text{не подходит.}$$

Допустим, что минерал – малахит, тогда $n(\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2) = 45/222 = 0,203$ моль

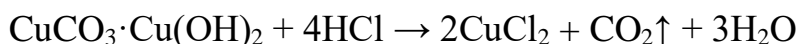
$$n(\text{CuO}) = 2 * n(\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2) = 0,203 * 2 = 0,406 \text{ моль}$$

$m(\text{CuO})_{\text{теор.}} = 0,406 * 80 = 32,5 \text{ г} - \text{совпадает с условием. Следовательно, минерал – малахит.}$

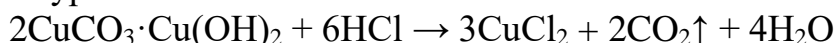
Минералы можно различить по реакции взаимодействия с соляной кислотой, поскольку объем выделившегося углекислого газа будет отличаться.

Уравнения реакций с соляной кислотой:

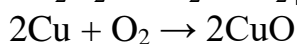
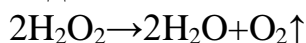
Малахит:



Азурит:



Задание 2.



$$n(\text{CuO}) = 18,0/80 = 0,225 \text{ моль}$$

Кислород, прореагировавший с медью:

$$n(\text{O}_2) = 1/2 * n(\text{CuO}) = 0,1125 \text{ моль}$$

Количество воды, образовавшееся по реакции:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,225 \text{ моль}$$

Пусть исходное количество H_2O_2 равно $n_{\text{исх}}$ моль.

$$\text{Разложилось: } n_{\text{разл}} = 0,48 * n_{\text{исх}}$$

Из уравнения разложения:

$$n_{\text{O}_2} = 1/2 * n_{\text{разл}} = 0,5 * 0,48 * n_{\text{исх}} = 0,24 * n_{\text{исх}}$$

$$0,24 n_{\text{исх}} = 0,1125 \Rightarrow n_{\text{исх}} = 0,469 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}_2)_{\text{исх}} = 0,469 * 34 = 15,95 \text{ г}$$

Масса воды в исходном растворе:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 95,5 - 15,95 = 79,55 \text{ г}$$

После разложения:

Остаток H_2O_2 :

$$n_{\text{ост}} = n_{\text{исх}} - n_{\text{разл}} = 0,469 - 0,225 = 0,244 \text{ моль}$$

Масса остатка H_2O_2 :

$$m(\text{H}_2\text{O}_2)_{\text{ост}} = 0,244 \cdot 34 = 8,3 \text{ г}$$

Вода в системе:

Количество моль газов по уравнению Клапейрона-Менделеева:

$$n_{\text{газов}} = pV/RT = 100000 \cdot 0,0126 / (8,314 \cdot 378) = 0,4 \text{ моль}$$

Из них кислород - 0,1125 моль, вода, образовавшаяся по реакции – 0,225

моль, значит количество воды, перешедшее в пар:

$$n(\text{H}_2\text{O})_{\text{пар}} = 0,4 - 0,1125 - 0,225 = 0,0625 \text{ моль}$$

Тогда вода, оставшаяся в растворе:

$$n(\text{H}_2\text{O})_{\text{раствор}} = 79,55/18 - 0,0625 = 4,36 \text{ моль}; m(\text{H}_2\text{O})_{\text{раствор}} = 78,5 \text{ г}$$

Масса раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = m(\text{H}_2\text{O}_2)_{\text{ост}} + m(\text{H}_2\text{O})_{\text{раствор}} = 8,3 + 78,5 = 86,8 \text{ г}$$

Объём:

$$V_{\text{р-ра}} = 86,8 \text{ мл} = 0,0868 \text{ л}$$

Молярная концентрация H_2O_2 в оставшемся растворе:

$$C = n_{\text{ост}}/V_{\text{р-ра}} = 0,244/0,0868 = 2,8 \text{ моль/л}$$

Задание 3.

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| 1. Кристаллизация | 11. Электропроводность |
| 2. Бета | 12. Шпатель |
| 3. Эксперимент | 13. Бронза |
| 4. Протон | 14. Египет |
| 5. Электронейтральность | 15. Мел |
| 6. Отвал | 16. Орбиталь |
| 7. Диффузия | 17. Альфа |
| 8. Ангидрид | 18. Выход |
| 9. Группа | 19. Формула |
| 10. Растворимость | 20. Горение |

Секретное слово – РАДИОАКТИВНОСТЬ

Радиоактивность - самопроизвольное превращение нестабильных атомных ядер в другие ядра, сопровождающееся испусканием элементарных частиц (альфа-, бета-частиц) и гамма-квантов, что приводит к выделению энергии и образованию новых элементов или изотопов.

Задание 4.

В данном задании могут быть приняты любые верные реакции. Один из вариантов решения приведен ниже.

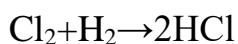
1. Каталитическое разложение хлората калия:



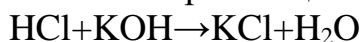
2. Окисление хлорида калия диоксидом марганца в кислой среде:



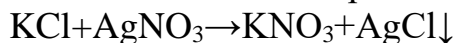
3. Синтез хлороводорода сжиганием водорода в хлоре:



4. Нейтрализация хлороводорода гидроксидом калия:



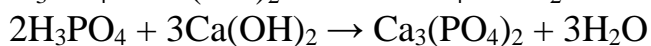
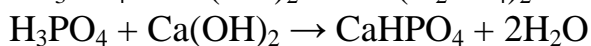
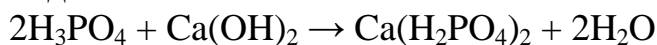
5. Осаждение хлорида серебра:



Вещества:

- **A** — хлорид калия (KCl)
- **B** — хлор (Cl₂)
- **C** — хлороводород (HCl)
- **D** — хлорид калия (KCl)

Задание 5



Количество ортофосфорной кислоты:

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = C \cdot V = 4,0 \cdot 10^{-2} \cdot 0,08 = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Количество гидроксида кальция:

$$n(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 1/74 = 0,0135 \text{ моль}$$

Определение продуктов реакции:

Соотношение количеств:

$$n(\text{Ca}(\text{OH})_2) : n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,0135 / 0,0032 = 4,23.$$

Так как соотношение больше 0,5 (соответствует $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) и больше 1 (соответствует CaHPO_4), образуется фосфат кальция.

$$n(\text{Ca}(\text{OH})_2)_{\text{прореаг.}} = 3,2 \cdot 10^{-3} / 2 \cdot 3 = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Кислотность среды будет определяться гидроксидом кальция. Среда в полученном растворе будет щелочной.

Химия. 8 класс. 3 вариант
Критерии оценивания

Задание 1.

- За верные уравнения реакций разложения минералов – по 3 балла – 6 баллов.
За определение количества вещества малахита, азурита, оксида меди – по 2 балла – 6 баллов
За расчет массы оксида меди/минерала и доказательство малахита – 2 балла
За верный вывод о малахите, подтвержденный расчетами – 1 балл.
За верное предложение о реактиве, с помощью которого можно определить состав порошка – 1 балл
За уравнения реакций, подтверждающее предложение – по 2 балла (для азурита и малахита) – 4 балла.

Итого: 20 баллов.

Задание 2.

- За уравнения реакции – по 1 баллу – 2 балла
За расчет количества вещества кислорода – 2 балла
За определение количества вещества воды и перекиси по реакции – по 1 баллу – 2 балла
За определение исходных масс перекиси водорода и воды – по 2 балла – 4 балла
За расчет оставшегося количества перекиси – 2 балла
За определение количества моль газов по уравнению Клапейрона-Менделеева – 3 балла
За определение количества воды, перешедшей в пар – 2 балла
За определение концентрации раствора - 3 балла

Итого: 20 баллов.

Задание 3.

- За каждое верно определенное слово кроссворда – по 1 баллу – 20 баллов
За верно определенное секретное слово – 3 балла
За верное объяснение понятия – 2 балла

Итого: 25 баллов.

Задание 4.

- За верно написанные реакции – по 2 балла – 10 баллов.
За указание А, В, С, D – по 1 баллу – 4 балла

Итого: 14 баллов.

Задание 5.

- За расчет количества вещества фосфорной кислоты – 2 балла
За определение количества гидроксида стронция в исходном растворе – 2 балла
За написание уравнения – 2 балла

За выведение верных продуктов реакции – по 2 балла – 4 балла

За название продуктов реакции – по 2 балла – 4 балла

За определение верных количеств веществ продуктов реакции – по 3 балла – 6 баллов

За указание среды в растворе – 1 балл

Итого: 21 балл

Химия. 9 класс. 1 вариант

Работа рассчитана на 240 минут

Задание 1. Тайна белых порошков

В одном старинном городе при реставрации здания бывшей аптеки XIX века нашли коробку с тремя склянками. На пожелтевшей коробке едва читалась запись аптекаря: «№1 – сода кальцинированная (безводная), №2 – сода кристаллическая (для примочек), №3 – сода пищевая (для теста). Эти порошки схожи видом, но не сутью. Осторожно, дабы не перепутать в рецептах». Со временем бумажные этикетки на самих склянках истлели, и их стало невозможно отличить. В Ваше распоряжение, как химику-эксперту, передали эти склянки.

1. Как, имея в доступе лишь стандартное для химической лаборатории оборудование и не используя дополнительных реактивов, однозначно определить, где какой порошок? Опишите, что Вы будете делать, какие результаты ожидаете для каждого вещества (подтвердите расчётами и уравнениями реакций) и дайте химическое обоснование этим результатам.

2. Чистоту современных реактивов можно определить по надписи на этикетке. Обычно используют следующие градации:

- «технический» (тех.): ~95% основного вещества, применяется для общих технологических и вспомогательных нужд;
- «чистый» (ч.): >98% основного вещества, используется для общих лабораторных и препаративных работ;
- «чистый для анализа» (ч.д.а.): ~99% основного вещества, для аналитических исследований, титрования;
- «химически чистый» (х.ч.): >99% основного вещества, для точных анализов и исследований;
- «особо чистый» (ос.ч.): >99,9% и выше (до 99,99999%), применяют для высокоточных методов.

Используя данные из таблицы ниже, составьте три современных этикетки для вышеупомянутых реактивов. В этикетке укажите номенклатурное (не тривиальное) название реактива. Например, этикетка для соляной кислоты с массовой долей основного вещества >99% будет выглядеть так: «HCl, хлороводородная кислота, х.ч.».

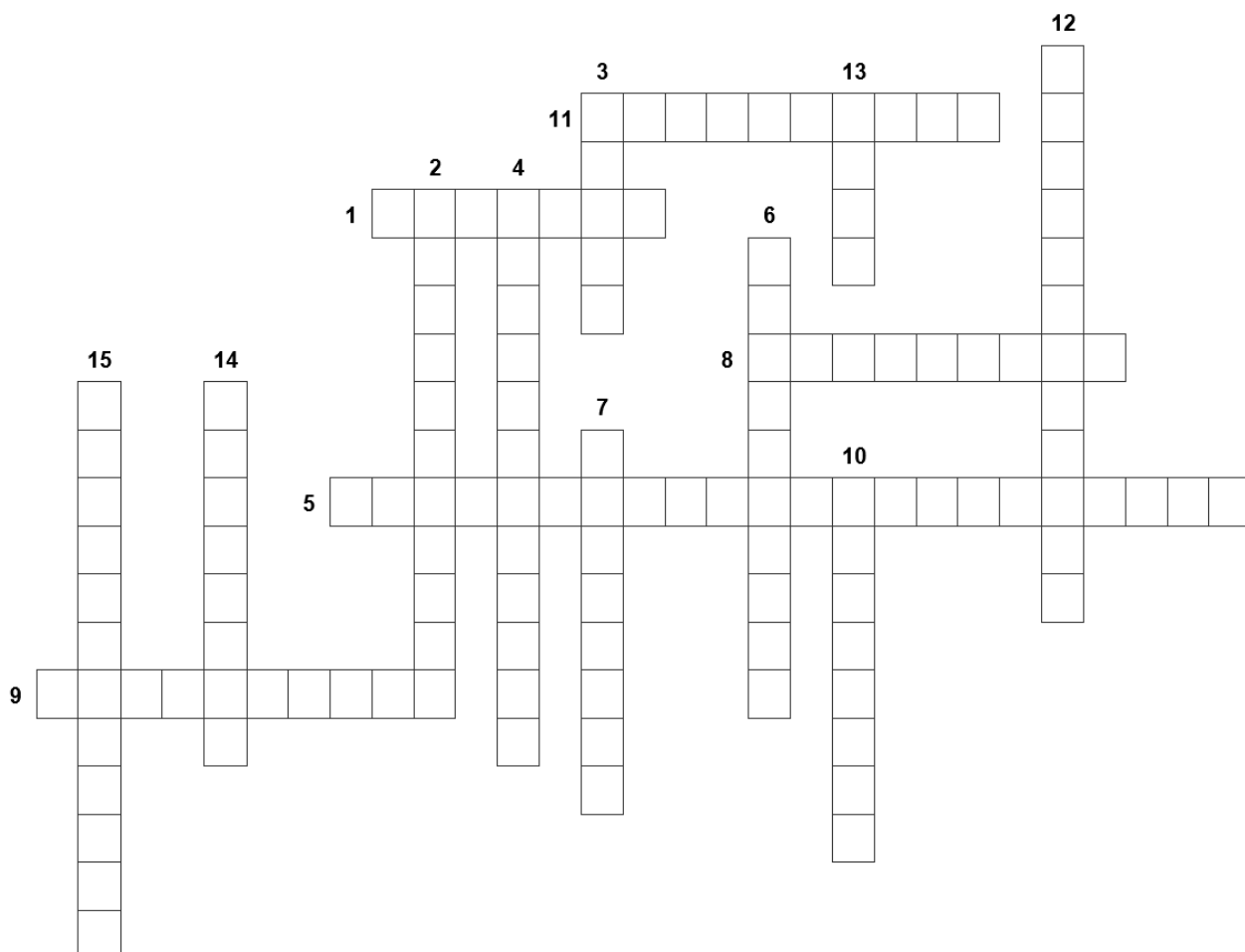
Во всех расчетах примите, что составы солей не изменились при длительном хранении.

Реактив	Сода кальцинированная	Сода кристаллическая	Сода пищевая
Навеска, г	2,00	7,12	2,10
Добавленный реактив	CaCl ₂	HCl	HCl
Масса выделившегося осадка, г	1,88	-	-
Объём выделившегося газа, л	-	0,55	0,54

(25 баллов)

Задание 2. Химия в «клеточках»

Используя подсказки, разгадайте кроссворд. Ответы запишите в формате «номер – слово».



По горизонтали:

1. Единица измерения давления.
5. Численная характеристика способности атома в молекуле притягивать к себе общие электронные пары.

8. Первый русский химик.

9. Самопроизвольное или искусственное образование на поверхности металла тонкого и плотного слоя соединения (чаще всего оксида), снижающего его реакционную способность.

11. Фазовый переход вещества из твёрдого состояния в газообразное, минуя жидкую фазу.

По вертикали:

2. Процесс получения металлов (например, хрома или ванадия) с помощью порошка алюминия.

3. Макроскопически однородный материал, чаще всего состоящий из двух различных металлов.

4. Количественная мера состава раствора.

6. Парниковый газ.

7. Самопроизвольный процесс разрушения металлов и сплавов в результате химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой.

10. Прибор для измерения плотности жидкости, основанный на законе Архимеда.

12. Метод разделения неоднородных смесей (суспензий) с помощью пористой перегородки, задерживающей твёрдую фазу.

13. Электрод, на котором происходит реакция окисления.

14. Химическая реакция разложения вещества под действием высокой температуры.

15. Процесс отщепления молекулы воды от молекулы органического или неорганического соединения, часто протекающий при нагревании или в присутствии водоотнимающих средств.

(15 баллов)

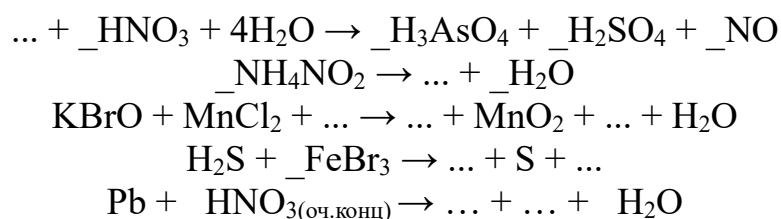
Задание 3. Забытый эксперимент великого химика

В конце 1860-х годов, работая над созданием Периодической системы, Дмитрий Иванович Менделеев не только предсказывал свойства неизвестных элементов, но и тщательно проверял данные об уже известных, стремясь устранить противоречия в экспериментальных результатах. Вот гипотетическая запись из его лабораторного журнала: «*Опыт от 15 марта сего года. Взял стружку неизвестного белого легкого металла (обозначим «М») массой 5,4 г. При действии на неё разбавленной серной кислоты наблюдал выделение газа. Собрал 6,72 литра сего газа (при н.у.). Газ сгорал с хлопком. Далее к раствору полученной соли А добавил раствор едкого натра, выделился белый студенистый осадок Б, в избытке щёлочи растворился с образованием В. Такое же количество соли А высушил и прокалил при 650 °С, получил 9,0 г твёрдого белого продукта (Г)...».* Определите металл М и вещества А, Б, В, Г, установите выход Г, напишите все уравнения упомянутых реакций, подтвердите решение расчётами.

(20 баллов)

Задание 4. Химия с пробелами

В мастерской Академии Алхимических Искусств произошёл сбой защитного заклинания: во время ночного эксперимента часть формул на стендах рассыпалась в серебристую пыль. Утром ученики обнаружили, что от сложных реакций остались лишь обрывки. Чтобы спасти результаты многомесячной работы, необходимо восстановить утерянные уравнения. Заполните пропуски, расставьте коэффициенты, определите окислители и восстановители. Помните: ошибка в реакциях может привести не только к неверному ответу, но и к весьма непредсказуемым последствиям. (Пропущенные вещества обозначены «...», утерянные коэффициенты «_»)



(20 баллов)

Задание 5. Позолоти стёклышко

Современные мегаполисы сталкиваются с проблемой высокого энергопотребления. Значительная часть энергии тратится на поддержание микроклимата в зданиях с большой площадью остекления – торговых центрах, музеях, аэропортах. Летом солнце нагревает помещения через окна, что требует мощного кондиционирования. А зимой тепло легко уходит наружу. Одним из высокотехнологичных решений этой проблемы стало создание «умных» стёкол со специальными нанопокровтиями на основе золота. Золото выбрано из-за его высокой химической инертности и особых оптических характеристик. Наночастицы Au^0 активно рассеивают и отражают инфракрасное (тепловое) излучение, но при этом остаются достаточно прозрачными для видимого света. Это позволяет сохранять в помещении прохладу летом и тепло зимой, существенно снижая затраты на кондиционирование и отопление. Для крупного торгового центра экономия может составлять десятки процентов.

Как правило, сферические наночастицы золота получают восстановлением хлораурат-ионов цитрат-ионами (метод Туркевича-Френса) в водном растворе.



Для покрытия стекла площадью (S) = 1,5 м² требуется получить пленку, содержащую 0,35 г чистого золота (плотность 19,3 г/см³).

1. Рассчитайте массы тригидрата золотохлористоводородной кислоты и тригидрата цитрата натрия необходимые для синтеза 0,35 г золота, если выход целевой реакции на стадии синтеза ($\eta_{\text{синт.}}$) = 92%, избыток цитрата натрия 50%, а массовая доля примесей в техническом цитрате натрия равна 5%.

2. Оцените, какое количество (N) отдельных наночастиц золота содержится в полученном покрытии.

3. Во сколько раз общая площадь поверхности всех полученных наночастиц отличается от площади витрины, для которой предназначено покрытие?

4. Как степень измельченности вещества (дисперсность) связана с его способностью к взаимодействию с другими веществами?

Для всех расчётов примите, что размер частиц – 20 нм, а их морфология – сферическая. Объем сферы – $\frac{4}{3} \cdot \pi r^3$, площадь поверхности сферы – $4\pi r^2$.

(20 баллов)

Периодическая система химических элементов

1																	18								
1	H 1 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 2 4,0026 0 Гелий Helium	1						
2	Li 3 6,94 +1 Литий Lithium	Be 4 9,0122 +2 Бериллий Beryllium																	B 5 10,81 +3 Бор Boron	C 6 12,011 +4 Углерод Carbon	N 7 14,007 +3 +5 Азот Nitrogen	O 8 15,999 -2 Кислород Oxygen	F 9 18,998 -1 Фтор Fluorine	Ne 10 20,1798 0 Неон Neon	2
3	Na 11 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 12 24,305 +2 Магний Magnesium																	Al 13 26,9815 +3 Алюминий Aluminium	Si 14 28,085 +4 Кремний Silicon	P 15 30,9738 +5 Фосфор Phosphorus	S 16 32,06 +6 Сера Sulfur	Cl 17 35,45 -1 Хлор Chlorine	Ar 18 39,95 0 Аргон Argon	3
4	K 19 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 20 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 21 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 22 47,867 +4 Титан Titanium	V 23 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 24 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 25 54,938 +2 +4 Марганец Manganese	Fe 26 55,845 +3 Железо Iron	Co 27 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 28 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 29 63,546 +2 Медь Copper	Zn 30 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 31 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 32 72,63 +4 Германий Germanium	As 33 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 34 78,971 +4 Селен Selenium	Br 35 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 36 83,798 0 +2 Криптон Krypton	4						
5	Rb 37 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 38 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 39 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 40 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 41 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 42 95,95 +4 +6 Молибден Molybdenum	Tc 43 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 44 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 45 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 46 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 47 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 48 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 49 114,818 +3 Индий Indium	Sn 50 118,71 +4 Олово Tin	Sb 51 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 52 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 53 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 54 131,293 0 +6 Ксенон Xenon	5						
6	Cs 55 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 56 137,327 +2 Барий Barium	La 57 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 72 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 73 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 74 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 75 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 76 190,23 +4 +8 Осмий Osmium	Ir 77 192,217 +3 +4 Иридий Iridium	Pt 78 195,084 +2 +4 Платина Platinum	Au 79 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 80 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 81 204,383 -1 Таллий Thallium	Pb 82 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 83 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 84 208,9824 -4 Полоний Polonium	At 85 [210] -1 Астатин Astatine	Rn 86 [222] 0 +2 Радон Radon	6						
7	Fr 87 [223] +1 Франций Francium	Ra 88 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 89 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf 104 [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db 105 [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg 106 [269] (+6) Сиборгий Seaborgium	Bh 107 [270] (+7) Борий Bohrium	Hs 108 [269] (+8) Хассий Hassium	Mt 109 [278] ? Мейтнерий Meltnerium	Ds 110 [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn 112 [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh 113 [286] ? Нихоний Nihonium	Fl 114 [290] ? Флеровий Flerovium	Mc 115 [290] ? Московский Moscovium	Lv 116 [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts 117 [294] ? Теннессиин Tennessine	Og 118 [294] ? Оганесон Oganesson	7						
			Ce 58 140,116 +3 +4 Церий Cerium	Pr 59 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 60 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm 61 [145] +3 Прометий Promethium	Sm 62 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 63 151,964 +3 Европий Europium	Gd 64 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 66 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 68 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 69 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 70 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 71 174,9668 +3 Лютеций Lutetium									
			Th 90 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 91 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 92 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 93 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu 94 [244] +3 +4 Плутоний Plutonium	Am 95 [243] +3 Америций Americium	Cm 96 [247] +3 Кюрий Curium	Bk 97 [247] +3 Берклий Berkelium	Cf 98 [251] +3 Калифорний Californium	Es 99 [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 [257] +3 Фермий Fermium	Md 101 [258] +3 Менделевий Mendelevium	No 102 [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr 103 [266] +3 Лоуренсий Lawrencium									

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	–	–	H	H	H
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	–	H	P	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?
S ²⁻	P	P	P	P	P	–	–	–	H	–	–	H	–	H	H	H	H	H	H	H
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	–	H	?	?	M	H	H	H	?	?
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	–	H	P	P
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	–	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	–	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	–	?	?
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	–	H	H	H	H	H	?	H
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	P	?	?
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P	P	–	P	P	P	P	P	–	P
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«–» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au →

активность металлов уменьшается →

Химия. 9 класс. 1 вариант
Ответы

Задание 1.

1. Используя стандартное оборудование (аналитические весы, пробирки или стаканчики, спиртовку или электрическую плитку), можно провести прокаливание навесок (достаточно 150-200 °С) и измерить изменение их массы.

Процедура:

- взять три одинаковые навески (например, по 2 г) из каждой склянки.
- прокалить каждую навеску в пробирке до постоянной массы, охладить в эксикаторе и взвесить.
- по величине потери массы после прокаливания можно однозначно идентифицировать каждое вещество.

Ожидаемые результаты и химическое обоснование:

Предполагаемое вещество	Химическая реакция при нагревании	Ожидаемая потеря массы (для навески 2,00 г)	Обоснование
№1: Na ₂ CO ₃ (кальцинированная сода)	Не разлагается (термически стабилен до ~850°C)	~0 г (0%)	Безводная соль.
№2: Na ₂ CO ₃ *10H ₂ O (кристаллическая сода)	Na ₂ CO ₃ *10H ₂ O → Na ₂ CO ₃ + 10H ₂ O	≈ 1,26 г (62,9%)	Кристаллогидрат. M(Na ₂ CO ₃ *10H ₂ O) = 286 г/моль. Потеря 10 моль H ₂ O (180 г/моль). Для 2 г: (180/286)*2 = 1,26 г.
№3: NaHCO ₃ (пищевая сода)	2NaHCO ₃ → Na ₂ CO ₃ + CO ₂ + H ₂ O	≈ 0,74 г (36,9%)	Кислая соль разлагается. M(2NaHCO ₃) = 168 г/моль. Потеря (CO ₂ +H ₂ O)=62 г. Для 2 г: (62/168)*2 = 0,74 г.

2. Расчёт для Склянки №1 (Сода кальцинированная, Na_2CO_3):



Теоретический расчёт: из 1 моль Na_2CO_3 должен образоваться 1 моль CaCO_3 .

Для навески 2,00 г чистого Na_2CO_3 теоретическая масса осадка:

$$m / M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3) * M_r(\text{CaCO}_3) = (2,00 / 106) * 100 = 1,887 \text{ г.}$$

Практический результат: 1,88 г.

Расчёт чистоты: $(1,88 / 1,887) * 100\% \approx 99,6\%$.

Степень чистоты: $>99\% \rightarrow$ Химически чистый (х.ч.).

Этикетка: Na_2CO_3 , карбонат натрия, х.ч.

Расчёт для Склянки №2 (Сода кристаллическая, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$):



Теоретический расчёт: из 1 моль $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ выделяется 1 моль CO_2 .

Для навески 7,12 г чистого кристаллогидрата теоретический объём газа:

$$(7,12 / 286) * 22,4 = 0,558 \text{ л.}$$

Практический результат: 0,55 л.

Расчёт чистоты: $(0,55 / 0,558) * 100\% \approx 98,6\%$.

Степень чистоты: $>98\%$, но $<99\% \rightarrow$ Чистый (ч.).

Этикетка: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, декагидрат карбоната натрия, ч.

Расчёт для Склянки №3 (Сода пищевая, NaHCO_3):



Теоретический расчёт: из 1 моль NaHCO_3 выделяется 1 моль CO_2 .

Для навески 2,10 г чистого NaHCO_3 теоретический объём газа:

$$(2,10 / 84) * 22,4 = 0,560 \text{ л.}$$

Практический результат: 0,54 л.

Расчёт чистоты: $(0,54 / 0,560) * 100\% \approx 96,4\%$.

Степень чистоты: $>95\% \rightarrow$ Технический (тех.).

Этикетка: NaHCO_3 , гидрокарбонат натрия, тех.

Задание 2.

- | | |
|---------------------------|------------------|
| 1. Паскаль | 9. Пассивация |
| 2. Алюмотермия | 10. Ареометр |
| 3. Сплав | 11. Сублимация |
| 4. Концентрация | 12. Фильтрование |
| 5. Электроотрицательность | 13. Анод |
| 6. Углекислый | 14. Термолиз |
| 7. Коррозия | 15. Дегидратация |
| 8. Ломоносов | |

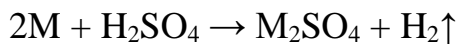
Задание 3.

Газ, сгорающий с хлопком – это водород (H_2).

1. **Рассчитаем количество вещества водорода:**

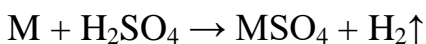
$$n(\text{H}_2) = V / V_m = 6,72 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,3 \text{ моль}$$

2. **Предположим, что М – однозарядный металл, тогда:**



Из уравнения видно, что на 2 моль металла выделяется 1 моль водорода, тогда $n(\text{M}) = 0,3 * 2 = 0,6$ моль, отсюда молярная масса $M = 5,4 / 0,6 = 9$ – Бериллий, однако для бериллия характерна степень окисления +2, не подходит.

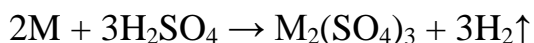
3. **Предположим, что М – двухзарядный металл, тогда:**



Соотношение: $n(\text{M}) = n(\text{H}_2) = 0,3$ моль

Тогда молярная масса: $m(\text{M}) / n(\text{M}) = 5,4 \text{ г} / 0,3 \text{ моль} = 18 \text{ г/моль}$. Такого легкого металла с валентностью 2 не существует.

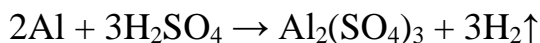
4. **Предположим, что М – металл трёхвалентный:**



$$n(\text{H}_2) / 3 = n(\text{M}) / 2 \rightarrow n(\text{M}) = (2/3) * n(\text{H}_2) = (2/3) * 0,3 \text{ моль} = 0,2 \text{ моль}$$

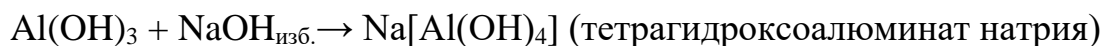
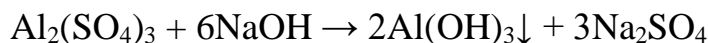
Тогда молярная масса: $M(\text{M}) = m(\text{M}) / n(\text{M}) = 5,4 \text{ г} / 0,2 \text{ моль} = 27 \text{ г/моль}$.

Рассчитанная молярная масса металла 27 г/моль соответствует алюминию, для которого характерна степень окисления +3.



Соль **А** - $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

При добавлении щёлочи (NaOH) к раствору соли алюминия выпадает белый студенистый осадок, который в избытке щёлочи растворяется:



Осадок **Б** - $\text{Al}(\text{OH})_3$

Раствор **В** - $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ или $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_6]$

При прокаливании сульфат алюминия разлагается с образованием его оксида (Al_2O_3 – **Г**):



У нас было 0,2 моль Al , 0,1 моль сульфата алюминия, значит, теоретически должно образоваться: $n(\text{Al}_2\text{O}_3)_{\text{теор.}} = 0,1$ моль.

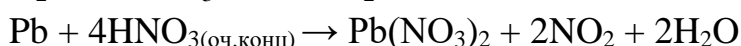
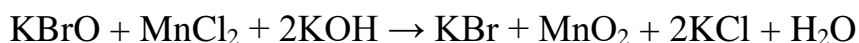
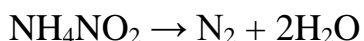
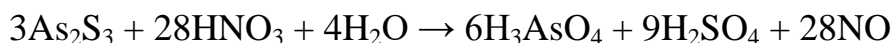
Теоретическая масса Al_2O_3 : $m(\text{Al}_2\text{O}_3)_{\text{теор.}} = 0,1 \text{ моль} * 102 \text{ г/моль} = 10,2 \text{ г}$.

Практически получено: $m(\text{Al}_2\text{O}_3)_{\text{практ.}} = 9,0 \text{ г.}$

Расчёт выхода продукта Г:

$$\eta = (m_{\text{практ.}} / m_{\text{теор.}}) * 100\% = (9,0 \text{ г} / 10,2 \text{ г}) * 100\% \approx 88,2\%$$

Задание 4



Задание 5

1. Рассчитаем массу тригидрата золотохлористоводородной кислоты:

Теоретическая масса золота с учетом выхода:

$$m_{\text{Au теор.}} = m_{\text{Au}} / \eta = 0,35 / 0,92 \approx 0,38 \text{ г}$$

Количество вещества золота, соответствующее этой массе:

$$n(\text{Au}) = 0,38 / 197 \approx 0,0019 \text{ моль}$$

$$n(\text{HAuCl}_4) = n(\text{Au})$$

Масса тригидрата HAuCl_4 :

$$m(\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 0,0019 * 394 = 0,75 \text{ г}$$

Рассчитаем массу тригидрата цитрата натрия (с учётом избытка и примесей):

$$\text{По уравнению } n(\text{цитрата}) = 3/2 * n(\text{Au}) = 1,5 * 0,0019 = 0,00285 \text{ моль}$$

Количество с учётом избытка 50%:

$$n(\text{цитрата}) = 0,00285 * 1,5 = 0,0043 \text{ моль}$$

Масса технического тригидрата цитрата:

$$M_{\text{тех}} = 0,0043 * 312 / 0,95 = 1,412 \text{ г}$$

2. Объём и масса одной частицы:

$$V = 4/3\pi r^3 = 4/3 * 3,1416 * (10^{-6})^3 = 4,189 * 10^{-18} \text{ см}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 19,3 * 4,189 * 10^{-18} = 8,085 * 10^{-17} \text{ г}$$

Общее число частиц в покрытии массой 0,35 г:

$$N = m_{\text{Au}} / m = 0,35 / 8,085 * 10^{-17} = 4,33 * 10^{15} \text{ наночастиц}$$

3. Площадь поверхности одной частицы (в м^2):

$$r = 10 \text{ нм} = 10^{-8} \text{ м}$$

$$S = 4\pi r^2 = 4 * 3,1416 * (10^{-8})^2 = 1,257 * 10^{-15} \text{ м}^2$$

Общая площадь поверхности всех частиц:

$$S_{\text{общ}} = N \cdot S = (4,33 * 10^{15}) * (1,257 * 10^{-15}) = 5,44 \text{ м}^2$$

Отношение к площади витрины:

$$S_{\text{общ}} / S_{\text{витр.}} = 5,44 / 1,5 = 3,63$$

4. Дисперсность – это степень измельчения вещества. Чем выше дисперсность (т.е. чем меньше размер частиц), тем больше удельная поверхность (площадь поверхности на единицу массы или объёма вещества). Увеличение удельной поверхности приводит к усилению взаимодействия с другими веществами, потому что:

- растёт число активных центров на поверхности, способных участвовать в физических (адсорбция, рассеяние света) и химических процессах.
- ускоряются процессы массо- и теплообмена из-за уменьшения диффузионных путей.

Химия. 9 класс. 1 вариант
Критерии оценивания

Задание 1.

За предложение анализа солей путём термообработки – 2 балла.

За описание процедуры определения солей – 2 балла

За реакции разложения кристаллической и пищевой соды – по 1 баллу – 2 балла

За расчеты потери массы вещества при прокаливании – по 2 балла – 4 балла

За реакции взаимодействия солей с хлоридом кальция и соляной кислотой – по 1 баллу – 3 балла

За расчет чистоты для каждой соли – по 2 балла – 6 баллов

За верное указание этикетки вещества – по 2 балла – 6 баллов, если не подтверждено расчетами – 1 балл, если неверно указана формула, название вещества или чистота – по 0 баллов.

Итого: 25 баллов.

Задание 2.

За каждое верно определенное слово кроссворда – по 1 баллу – 15 баллов

Итого: 15 баллов.

Задание 3.

За верное определение водорода – 1 балл

За расчет количества вещества водорода – 1 балл

За определение алюминия, подтвержденное рассуждениями и расчётами – 4 балла, если не приведены расчеты и рассуждения – 1 балл

За уравнения реакций соли алюминия с щелочью – по 2 балла – 4 балла

За указание А, Б и В – по 1 баллу – 3 балла

За указание, что Г – оксид алюминия – 2 балла

За уравнение реакции разложения сульфата алюминия – 1 балл

За расчёт теоретической массы оксида алюминия – 2 балла

За расчет выхода оксида алюминия – 2 балла

Итого: 20 баллов.

Задание 4.

- За каждую верно написанную реакцию – по 3 балла – 15 баллов (если реакция не уравнена – по 1 баллу)

- За верно указанные окислители и восстановители для каждой ОВР – по 1 баллу – 5 баллов

Итого: 20 баллов

Задание 5.

- За расчёт масс тригидрата золотохлористоводородной кислоты и тригидрата цитрата натрия – по 4 балла – 8 баллов
- За определение массы и объема одной частицы – по 2 балла – 4 балла
- За определение общего числа наночастиц золота – 2 балла
- За определение площади поверхности частиц – 3 балла
- За определение отношения площадей поверхности частиц к площади витрины – 1 балл
- За верные рассуждения о дисперсности вещества – 2 балла

Итого: 20 баллов

Химия. 9 класс. 2 вариант

Работа рассчитана на 240 минут

Задание 1. Три белых порошка

На месте раскопок старинного завода XVIII века, где из золы деревьев вываривали ценнейший товар – поташ для мыловарения и стеклоделия, археологи нашли три запечатанных глиняных кувшинчика. В заводских записях говорилось: «*В сих кувшинах хранятся: поташ, поташ кислый и смесь оных для особых целей*». Этикетки на кувшинчиках не сохранились.

1. Как, имея в доступе лишь стандартное для химической лаборатории оборудование и не используя дополнительных реактивов, однозначно определить, где какой порошок? Опишите, что Вы будете делать, какие результаты ожидаете для каждого вещества (подтвердите расчётами) и дайте химическое обоснование этим результатам.

2. Чистоту современных реактивов можно определить по надписи на этикетке, где:

- «технический» (тех.): ~95% основного вещества. Для общих технологических и вспомогательных нужд.

- «чистый» (ч.): >98% основного вещества. Для общих лабораторных и препаративных работ.

- «чистый для анализа» (ч.д.а.): ~99% основного вещества. Для аналитических исследований, титрования.

- «химически чистый» (х.ч.): >99% основного вещества. Для точных анализов и исследований.

- «особо чистый» (ос.ч.): >99,9% и выше (до 99,99999%). Для высокоточных методов.

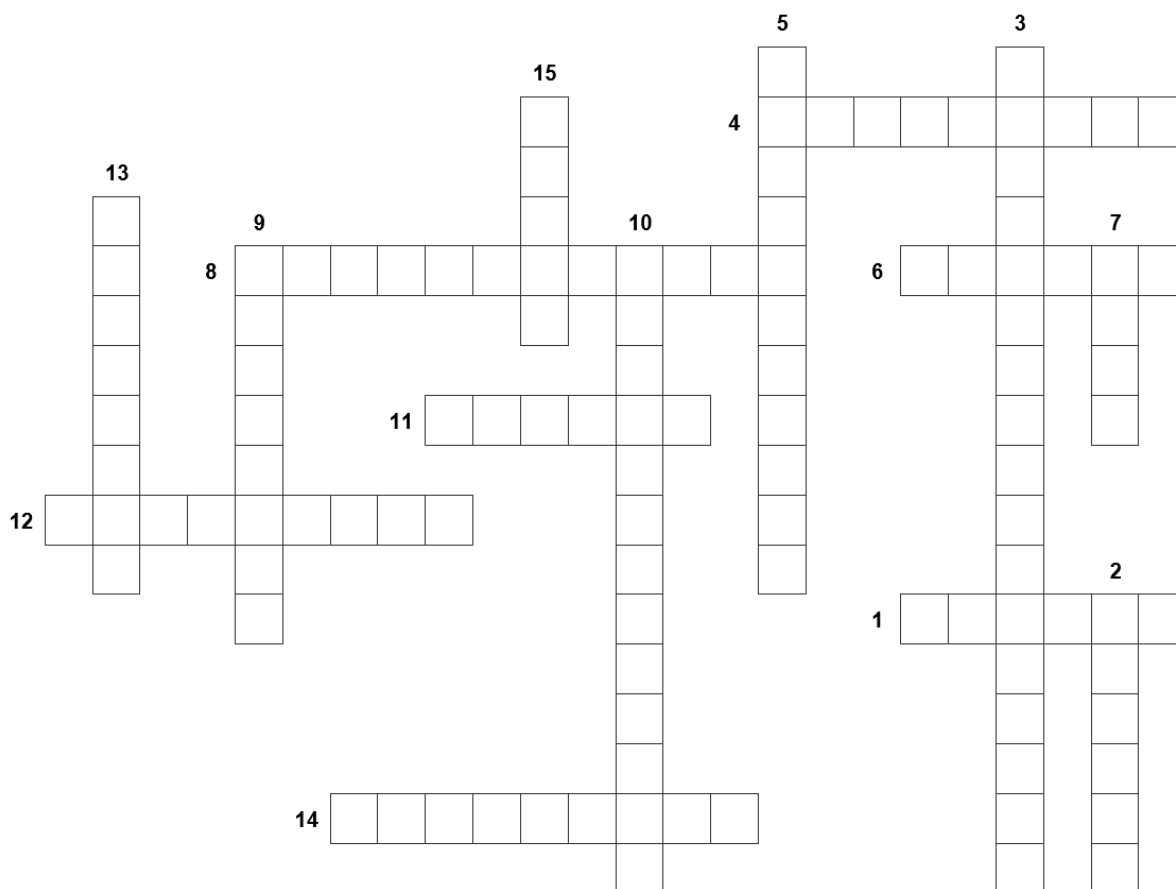
Используя данные из таблицы ниже, составьте две современных этикетки для вышеупомянутых реактивов, а также определите количественный состав смеси солей (в %). В этикетке укажите номенклатурное (не тривиальное) название реактива. Например, этикетка для соляной кислоты с массовой долей основного вещества >99% будет выглядеть так: «HCl, хлороводородная кислота, х.ч.». Во всех расчетах примите, что составы солей не изменились при длительном хранении, а влажность солей равна 0.

Реактив	Поташ	Поташ кислый	Смесь солей
$\omega(C)$, %	8,7	12,0	-
Навеска, г	2,76	2,00	2,50
Добавленный реактив	HCl	HCl	HCl
Объём выделившегося газа, л	0,44	0,44	0,45

(25 баллов)

Задание 2. Химия в «клеточках»

Используя подсказки, разгадайте кроссворд. Ответы запишите в формате «номер – слово».



По горизонтали:

1. Единица измерения работы, энергии и количества теплоты в Международной системе единиц (СИ). Важна для выражения тепловых эффектов химических реакций.

4. Процесс отдачи электронов атомом, молекулой или ионом.

6. Высококачественный керамический материал, получаемый спеканием смеси каолина, кварца и полевого шпата.

8. Химическая реакция присоединения молекулы водорода по кратной связи (например, двойной или тройной) в органических или неорганических соединениях.

11. Лабораторное металлическое или пластиковое приспособление, предназначенное для фиксации посуды и приборов во время работы.

12. Фазовый переход вещества из твёрдого состояния в жидкое, происходящий при нагревании.

14. Вещество, вызывающее уменьшение скорости или полное подавление химической реакции.

По вертикали:

2. Сплав меди с цинком, обладающий повышенной прочностью и коррозионной стойкостью по сравнению с чистой медью.

3. Метод разделения неоднородных смесей (суспензий, эмульсий) под действием центробежной силы, значительно превышающей силу тяжести.

5. Фазовый переход вещества из газообразного состояния в жидкое или твёрдое, происходящий при охлаждении или сжатии.

7. Аллотропная модификация кислорода, сильный окислитель.

9. Реакция обменного взаимодействия вещества с водой, приводящая к его разложению.

10. Вещества, замедляющие или предотвращающие окисление органических соединений.

13. Твёрдое тело, имеющее упорядоченное, периодически повторяющееся в трёх измерениях расположение частиц.

15. Электрод, на котором происходит реакция восстановления.

(15 баллов)

Задание 3. Забытый эксперимент великого химика

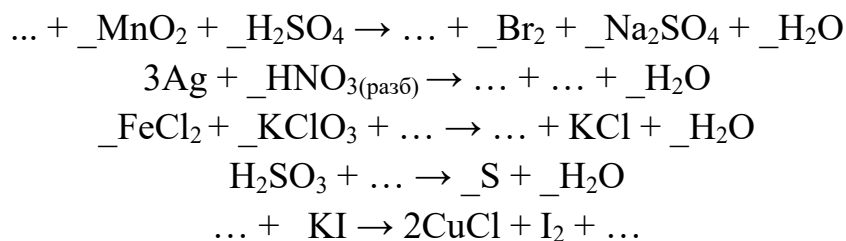
В период работы над Периодической системой элементов Д.И. Менделеев уделял особое внимание элементам с амфотерными свойствами, которые демонстрировали двойственность природы – металлической и неметаллической. Такие элементы были ключом к пониманию постепенного изменения свойств в таблице. Вот гипотетическая запись в его лабораторном журнале: *«Опыт от 3 мая сего года. Взял стружку серебристо-белого металла (М) массой 6,50 г. При действии на него разбавленной серной кислотой наблюдал энергичное выделение газа. Собрал 2,24 литра сего газа (при н.у.). Газ сгорал с хлопком. К полученному раствору соли А добавил по каплям раствор едкого натра. Выпал белый студенистый осадок Б, который полностью растворился при добавлении избытка щёлочи с образованием прозрачного раствора В. Взял 7,60 г азотнокислой соли М, высушил и прокалил. После завершения реакции получил 3,06 г твёрдого белого продукта Г, который на воздухе не изменяется».* Определите металл М и вещества А, Б, В, Г, установите выход Г, напишите все уравнения упомянутых реакций, подтвердите решение расчётами.

(20 баллов)

Задание 4. Химия с пробелами

В мастерской Академии Алхимических Искусств произошёл сбой защитного заклинания: во время ночного эксперимента часть формул на стендах рассыпалась в серебристую пыль. Утром ученики обнаружили, что от сложных реакций остались лишь обрывки. Чтобы спасти результаты

многomesячной работы, необходимо восстановить утерянные уравнения. Заполните пропуски, расставьте коэффициенты, определите окислители и восстановители. Помните: ошибка в реакциях может привести не только к неверному ответу, но и к весьма непредсказуемым последствиям. (Пропущенные вещества обозначены «...», утерянные коэффициенты «_»)

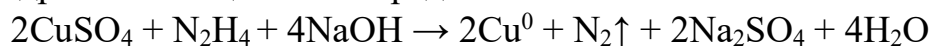


(20 баллов)

Задание 5. Медные решения для энергосбережения

Панорамное остекление современных зданий сопровождается значительными теплотерями, что делает актуальным поиск доступных альтернатив серебряным и золотым покрытиям, таких как нанопокрyтия из меди. Наночастицы меди хорошо отражают и рассеивают инфракрасное излучение, однако медь склонна к окислению на воздухе, поэтому частицы покрывают защитным слоем.

Наночастицы меди можно получить восстановлением раствора сульфата меди(II) гидразином в щелочной среде:



Для покрытия стеклянной витрины площадью 2 м^2 требуется получить пленку, содержащую $0,50 \text{ г}$ меди (плотность $8,96 \text{ г/см}^3$).

1. Рассчитайте массу пятиводного сульфата меди(II) и объём 50%-ного водного раствора гидразина (плотность $1,02 \text{ г/мл}$), необходимые для синтеза нужного количества меди, если выход реакции составляет 90%, а восстановитель (гидразин) берётся с 100%-ным избытком.

2. Оцените, какое количество (N) отдельных наночастиц меди содержится в полученном покрытии.

3. Во сколько раз общая площадь поверхности всех полученных наночастиц отличается от площади витрины?

4. Как степень измельчённости вещества (дисперсность) связана с его способностью к взаимодействию с другими веществами?

Для всех расчётов примите, что размер частиц – 30 нм , а их морфология – сферическая. Объём сферы – $\frac{4}{3} \cdot \pi r^3$, площадь поверхности сферы – $4\pi r^2$.

(20 баллов)

Периодическая система химических элементов

1																	18							
1	H 1 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 2 4,0026 0 Гелий Helium						
2	Li 3 6,94 +1 Литий Lithium	Be 4 9,0122 +2 Бериллий Beryllium																	B 5 10,81 +3 Бор Boron	C 6 12,011 +4 Углерод Carbon	N 7 14,007 +3 +5 Азот Nitrogen	O 8 15,999 -2 Кислород Oxygen	F 9 18,998 -1 Фтор Fluorine	Ne 10 20,1798 0 Неон Neon
3	Na 11 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 12 24,305 +2 Магний Magnesium																	Al 13 26,9815 +3 Алюминий Aluminium	Si 14 28,085 +4 Кремний Silicon	P 15 30,9738 +5 Фосфор Phosphorus	S 16 32,06 +6 Сера Sulfur	Cl 17 35,45 -1 Хлор Chlorine	Ar 18 39,95 0 Аргон Argon
4	K 19 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 20 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 21 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 22 47,867 +4 Титан Titanium	V 23 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 24 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 25 54,938 +2 +4 Марганец Manganese	Fe 26 55,845 +3 Железо Iron	Co 27 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 28 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 29 63,546 +2 Медь Copper	Zn 30 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 31 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 32 72,63 +4 Германий Germanium	As 33 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 34 78,971 +4 Селен Selenium	Br 35 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 36 83,798 0 +2 Криптон Krypton						
5	Rb 37 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 38 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 39 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 40 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 41 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 42 95,95 +4 +6 Молибден Molybdenum	Tc 43 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 44 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 45 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 46 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 47 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 48 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 49 114,818 +3 Индий Indium	Sn 50 118,71 +4 Олово Tin	Sb 51 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 52 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 53 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 54 131,293 0 +6 Ксенон Xenon						
6	Cs 55 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 56 137,327 +2 Барий Barium	La 57 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 72 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 73 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 74 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 75 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 76 190,23 +4 +8 Осмий Osmium	Ir 77 192,217 +4 Иридий Iridium	Pt 78 195,084 +2 +4 Платина Platinum	Au 79 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 80 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 81 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 82 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 83 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 84 208,9824 +4 Полоний Polonium	At 85 [210] -1 Астат Astatine	Rn 86 [222] 0 +2 Радон Radon						
7	Fr 87 [223] +1 Франций Francium	Ra 88 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 89 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf 104 [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db 105 [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg 106 [269] (+6) Сибборгий Seaborgium	Bh 107 [270] (+7) Борий Bohrium	Hs 108 [269] (+8) Хассий Hassium	Mt 109 [278] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn 112 [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh 113 [286] ? Нихоний Nihonium	Fl 114 [290] ? Флеровий Flerovium	Mc 115 [290] ? Московский Moscovium	Lv 116 [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts 117 [294] ? Теннессин Tennessine	Og 118 [294] ? Оганессон Oganesson						
				Ce 58 140,116 +3 +4 Церий Cerium	Pr 59 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 60 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm 61 [145] +3 Прометий Promethium	Sm 62 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 63 151,964 +3 Европий Europium	Gd 64 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 66 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 68 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 69 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 70 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 71 174,9668 +3 Лютеций Lutetium							
				Th 90 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 91 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 92 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 93 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu 94 [244] +3 +4 Плутоний Plutonium	Am 95 [243] +3 Америций Americium	Cm 96 [247] +3 Кюрий Curium	Bk 97 [247] +3 Берклий Berkelium	Cf 98 [251] +3 Калифорний Californium	Es 99 [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 [257] +3 Фермий Fermium	Md 101 [258] +3 Менделевий Mendelevium	No 102 [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr 103 [266] +3 Лоуренсий Lawrencium							

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	Н
F ⁻	Р	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	М	Н	Н	Н	Р	Р	Р	–	Н	Р	Р
Cl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	М	Р	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р	?	Р	Р	Н	Н	Н	М	?
S ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	–	–	–	Н	–	–	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HS ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	–	Н	?	?	М	Н	Н	Н	?	?
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	–	Н	Р	Р
HSO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	–	?	?	?	?	?	?	?	?	Н	?	?
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
NO ₂ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	М	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	Р	Н	Р	Р	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HPO ₄ ²⁻	Р	?	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	?	Н	?	Н	?	?	?	М	Н	?
H ₂ PO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	Р	Р	Р	?	–	?	?
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	?	Н
HCO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	?	?	?	?	Р	?	?
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р	Р	–	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
SiO ₃ ²⁻	Н	Н	Р	Р	?	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	?	Н	Н	?	?	Н	?	?
MnO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	Р	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	?	Н	?	?	?	Р	?	?	Н	Н	М	?	Р
CrO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Н	?	?	?	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
ClO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р
ClO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р

«Р» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«М» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«Н» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«–» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

активность металлов уменьшается →

Химия. 9 класс. 2 вариант
Ответы

Химия 9 класс
Вариант 2

Задание 1.

1. Используя стандартное оборудование (аналитические весы, пробирки или стаканчики, спиртовку или электрическую плитку), можно провести прокаливание навесок (достаточно 150-200 °С) и измерить изменение их массы.

Процедура:

- взять три одинаковые навески (например, по 2 г) из каждой склянки.
- прокалить каждую навеску до постоянной массы, охладить в эксикаторе и взвесить.
- по величине потери массы после прокаливания можно однозначно идентифицировать каждое вещество.

Как известно, поташ – это карбонат калия. С другой стороны, состав соли можно определить, используя данные из задачи (массовую долю углерода и информацию о выделении газа при реакции поташа с соляной кислотой). При действии соляной кислоты на поташ выделяется газ. Это характерно для карбонатов. Следовательно, поташ содержит карбонат-ион CO_3^{2-} .

Обозначим формулу вещества как: M_xCO_3 , где М – металл. Массовая доля углерода равна 8,7 %. В одной формульной единице карбоната содержится один атом углерода массой 12 а.е.м., тогда молярная масса вещества равна: $M = 12/0,087 = 138$ г/моль. Молярная масса карбонат-иона = 60 г/моль, тогда масса металла 78 г/моль (не подходит) или в составе поташа два атома металла: $78/2 = 39$ г/моль. Атомная масса, близкая к 39, соответствует калию (К).

Ожидаемые результаты и химическое обоснование:

Предполагаемое вещество	Химическая реакция при нагревании	Ожидаемая потеря массы (для навески 2,00 г)	Обоснование
№1 K_2CO_3 (поташ)	Не разлагается (термически стабилен до	~0 г (0%)	Безводная соль.

Предполагаемое вещество	Химическая реакция при нагревании	Ожидаемая потеря массы (для навески 2,00 г)	Обоснование
	~850°C)		
№2 КНСО ₃ (кислый поташ)	$2\text{КНСО}_3 \rightarrow \text{К}_2\text{СО}_3 + \text{СО}_2\uparrow + \text{Н}_2\text{О}\uparrow$	≈ 0,62 г (31%)	Кислая соль разлагается. Для 2 моль КНСО ₃ (200 г) потеря (СО ₂ +Н ₂ О) = 62 г. Для 2 г: (62/200)*2 = 0,62 г.
№3 Смесь	Разлагается только часть (КНСО ₃) $2\text{КНСО}_3 \rightarrow \text{К}_2\text{СО}_3 + \text{СО}_2\uparrow + \text{Н}_2\text{О}\uparrow$	Промежуточное значение между 0% и 31% До 0,62 г	Т.к. разлагается только часть смеси, то потеря массы будет меньше, чем в случае кислой соли. По величине потери можно оценить состав смеси.

2. Расчёт для Кувшина №1 (Поташ, К₂СО₃):

Реакция: $\text{К}_2\text{СО}_3 + 2\text{НСл} \rightarrow 2\text{КСл} + \text{СО}_2\uparrow + \text{Н}_2\text{О}$

Теоретический расчёт: из 1 моль К₂СО₃ должен образоваться 1 моль СО₂.

Для навески 2,76 г: $V_{\text{теор}} = (2,76 / 138) * 22,4 = 0,448$ л

Практический результат: 0,44 л

Расчёт чистоты: $(0,44 / 0,448) * 100\% \approx 98,2\%$.

Степень чистоты: >98%, но <99% → Чистый (ч.).

Этикетка: К₂СО₃, карбонат калия, ч.

Расчёт для Кувшина №2 (Поташ кислый, КНСО₃):

Реакция: $\text{КНСО}_3 + \text{НСл} \rightarrow \text{КСл} + \text{СО}_2\uparrow + \text{Н}_2\text{О}$

Из 1 моль КНСО₃ выделяется 1 моль СО₂.

Для навески 2,00 г: $V_{\text{теор}} = (2,00 / 100) * 22,4 = 0,448$ л

Практический результат: 0,44 л

Расчёт чистоты: $(0,44 / 0,448) * 100\% \approx 98,2\%$.

Степень чистоты: >98%, но <99% → Чистый (ч.).

Этикетка: КНСО₃, гидрокарбонат калия, ч.

Расчёт для Кувшина №3 (смесь солей):



Пусть в навеске смеси массой 2,50 г содержится x г K_2CO_3 и $(2,50 - x)$ г KHCO_3 .

$$n(\text{CO}_2) = 0,45 / 22,4 = 0,02 \text{ моль}$$

Составим уравнение:

$$x/138 + (2,50 - x)/100 = 0,02$$

$$x \approx 1,82 \text{ г (масса } \text{K}_2\text{CO}_3)$$

$$\text{Масса } \text{KHCO}_3 = 2,50 - 1,82 = 0,68 \text{ г}$$

Массовые доли в смеси:

$$\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = (1,82 / 2,50) * 100\% = 72,8 \%$$

$$\omega(\text{KHCO}_3) = 100\% - 72,8\% = 27,2\%$$

Задание 2.

- | | |
|----------------------|-------------------|
| 1. Джоуль | 9. Гидролиз |
| 2. Латунь | 10. Антиоксиданты |
| 3. Центрифугирование | 11. Штатив |
| 4. Окисление | 12. Плавление |
| 5. Конденсация | 13. Кристалл |
| 6. Фарфор | 14. Ингибитор |
| 7. Озон | 15. Катод |
| 8. Гидрирование | |

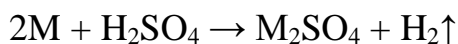
Задание 3.

Газ, сгорающий с хлопком – это водород (H_2).

1. **Рассчитаем количество вещества водорода:**

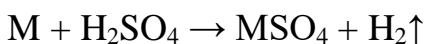
$$n(\text{H}_2) = V / V_m = 2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,1 \text{ моль}$$

2. **Предположим, что M – однозарядный металл, тогда:**



Из уравнения видно, что на 2 моль металла выделяется 1 моль водорода, тогда $n(M) = 0,1 * 2 = 0,2$ моль, отсюда молярная масса $M = 32,5$, не подходит.

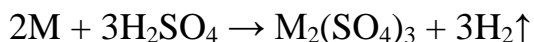
3. **Предположим, что M – двухзарядный металл, тогда:**



Соотношение: $n(M) = n(\text{H}_2) = 0,1$ моль

Тогда молярная масса: $m(M) / n(M) = 6,5 \text{ г} / 0,1 \text{ моль} = 65 \text{ г/моль}$. Это цинк. Подходит.

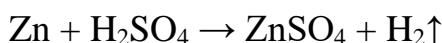
4. **Предположим, что М – металл трёхвалентный:**



$$n(H_2) / 3 = n(M) / 2 \rightarrow n(M) = (2/3) * n(H_2) = (2/3) * 0,1 \text{ моль} = 0,067 \text{ моль}$$

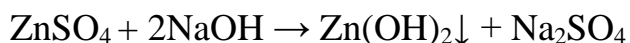
Тогда молярная масса: $M(M) = m(M) / n(M) = 6,5 \text{ г} / 0,067 \text{ моль} = 97 \text{ г/моль}$. Металла с такой массой нет.

Следовательно М – цинк.



А - $ZnSO_4$

При добавлении щёлочи (NaOH) к раствору соли цинка выпадает белый студенистый осадок, который в избытке щёлочи растворяется:



Осадок **Б** - $Zn(OH)_2$

Раствор **В** - $Na_2[Zn(OH)_4]$

При прокаливании нитрат цинка разлагается с образованием его оксида (ZnO) - **Г**:



$$n(Zn(NO_3)_2) = 7,6 / 189 = 0,04 \text{ моль}$$

Значит, теоретически должно образоваться: $n(ZnO)_{теор.} = 0,04 \text{ моль}$.

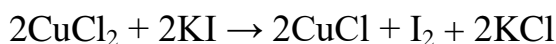
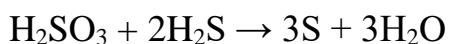
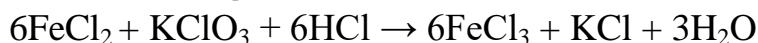
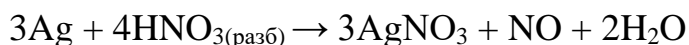
Теоретическая масса ZnO: $m(ZnO)_{теор.} = 0,04 \text{ моль} * 81 \text{ г/моль} = 3,24 \text{ г}$

Практически получено: $m(ZnO)_{практ.} = 3,06 \text{ г}$.

Расчёт выхода продукта Г:

$$\eta = (m_{практ.} / m_{теор.}) * 100\% = (3,06 \text{ г} / 3,24 \text{ г}) * 100\% \approx 94,4\%$$

Задание 4



Задание 5

1. Рассчитаем массу тригидрата золотохлористоводородной кислоты:

Теоретическая масса меди с учетом выхода:

$$m_{Cu_{теор.}} = m_{Cu} / \eta = 0,50 / 0,90 \approx 0,5556 \text{ г}$$

Количество вещества меди, соответствующее этой массе:

$$n(\text{Cu}) = 0,5556/64 \approx 0,0087 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuSO}_4) = n(\text{Cu}) = 0,0087 \text{ моль}$$

Масса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$:

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,0087 \cdot 250 = 2,175 \text{ г}$$

Рассчитаем объем раствора гидразина (с учётом избытка):

$$\text{По уравнению } n(\text{гидразина}) = 1/2 \cdot n(\text{Cu}) = 0,5 \cdot 0,0087 = 0,00435 \text{ моль}$$

Количество с учётом избытка 100%:

$$n(\text{N}_2\text{H}_4) = 0,00435 \cdot 2 = 0,0087 \text{ моль}$$

$$m(\text{N}_2\text{H}_4) = 0,0087 \cdot 32 = 0,2784 \text{ г}$$

$$m(\text{раствора}) = 0,2784/0,5 = 0,557 \text{ г}$$

$$V(\text{раствора}) = 0,557 / 1,02 = 0,546 \text{ мл}$$

2. Объём и масса одной частицы:

$$V = 4/3 \pi r^3 = 4/3 \cdot 3,1416 \cdot (15 \cdot 10^{-7})^3 = 1,414 \cdot 10^{-17} \text{ см}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 8,96 \cdot 1,414 \cdot 10^{-17} = 1,27 \cdot 10^{-16} \text{ г}$$

Общее число частиц в покрытии массой 0,5 г:

$$N = m_{\text{Cu}}/m = 0,5/1,27 \cdot 10^{-16} = 3,94 \cdot 10^{15} \text{ наночастиц}$$

3. Площадь поверхности одной частицы (в м^2):

$$r = 15 \text{ нм} = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ м}$$

$$S = 4\pi r^2 = 4 \cdot 3,1416 \cdot (1,5 \cdot 10^{-8})^2 = 2,83 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$$

Общая площадь поверхности всех частиц:

$$S_{\text{общ}} = N \cdot S = (3,94 \cdot 10^{15}) \cdot (2,83 \cdot 10^{-15}) = 11,15 \text{ м}^2$$

Отношение к площади витрины:

$$S_{\text{общ}} / S_{\text{витр.}} = 11,15 / 2 = 5,58$$

4. Дисперсность – это степень измельчения вещества. Чем выше дисперсность (т.е. чем меньше размер частиц), тем больше удельная поверхность (площадь поверхности на единицу массы или объёма вещества).

Увеличение удельной поверхности приводит к усилению взаимодействия с другими веществами, потому что:

-растёт число активных центров на поверхности, способных участвовать в физических (адсорбция, рассеяние света) и химических процессах.

-ускоряются процессы массо- и теплообмена из-за уменьшения диффузионных путей.

Химия. 9 класс. 2 вариант
Критерии оценивания

Задание 1.

За предложение анализа солей путём термообработки – 2 балла.

За описание процедуры определения солей – 2 балла

За указание устойчивости поташа – 1 балл

За реакцию разложения кислого поташа – 1 балл

За расчеты потери массы вещества при прокаливании – по 2 балла – 4 балла

За реакции взаимодействия солей с соляной кислотой – по 1 баллу – 2 балла

За расчет чистоты для каждой соли – по 2 балла – 4 балла

За верное указание этикетки вещества – по 2 балла – 4 балла, если не подтверждено расчетами – 1 балл, если неверно указана формула, название вещества или чистота – по 0 баллов.

За расчет состава смеси – 5 баллов

Итого: 25 баллов.

Задание 2.

За каждое верно определенное слово кроссворда – по 1 баллу – 15 баллов

Итого: 15 баллов.

Задание 3.

За верное определение водорода – 1 балл

За расчет количества вещества водорода – 1 балл

За определение цинка, подтвержденное рассуждениями и расчётами – 4 балла, если не приведены расчеты и рассуждения – 1 балл

За уравнения реакций соли цинка с щелочью – по 2 балла – 4 балла

За указание А, Б и В – по 1 баллу – 3 балла

За указание, что Г – оксид цинка – 1 балл

За уравнение реакции разложения нитрата цинка – 2 балла

За расчёт теоретической массы оксида цинка – 2 балла

За расчет выхода оксида цинка – 2 балла

Итого: 20 баллов.

Задание 4.

- За каждую верно написанную реакцию – по 3 балла – 15 баллов (если реакция не уравнена – по 1 баллу)

- За верно указанные окислители и восстановители для каждой ОВР – по 1 баллу – 5 баллов

Итого: 20 баллов

Задание 5.

- За расчёт массы пятиводного сульфата меди и объема раствора гидразина – по 4 балла – 8 баллов
- За определение массы и объема одной частицы – по 2 балла – 4 балла
- За определение общего числа наночастиц меди – 2 балла
- За определение площади поверхности частиц – 3 балла
- За определение отношения площадей поверхности частиц к площади витрины – 1 балл
- За верные рассуждения о дисперсности вещества – 2 балла

Итого: 20 баллов

Химия. 9 класс. 3 вариант

Работа рассчитана на 240 минут

Задание 1. Три белых порошка

На месте раскопок старинного завода XVIII века, где из золы деревьев вываривали ценнейший товар – поташ для мыловарения и стеклоделия, археологи нашли три запечатанных глиняных кувшинчика. В заводских записях говорилось: «*В сих кувшинах хранятся: поташ, поташ кислый и смесь оных для особых целей*». Этикетки на кувшинчиках не сохранились.

1. Как, имея в доступе лишь стандартное для химической лаборатории оборудование и не используя дополнительных реактивов, однозначно определить, где какой порошок? Опишите, что Вы будете делать, какие результаты ожидаете для каждого вещества (подтвердите расчётами) и дайте химическое обоснование этим результатам.

2. Чистоту современных реактивов можно определить по надписи на этикетке, где:

- «технический» (тех.): ~95% основного вещества. Для общих технологических и вспомогательных нужд.

- «чистый» (ч.): >98% основного вещества. Для общих лабораторных и препаративных работ.

- «чистый для анализа» (ч.д.а.): ~99% основного вещества. Для аналитических исследований, титрования.

- «химически чистый» (х.ч.): >99% основного вещества. Для точных анализов и исследований.

- «особо чистый» (ос.ч.): >99,9% и выше (до 99,99999%). Для высокоточных методов.

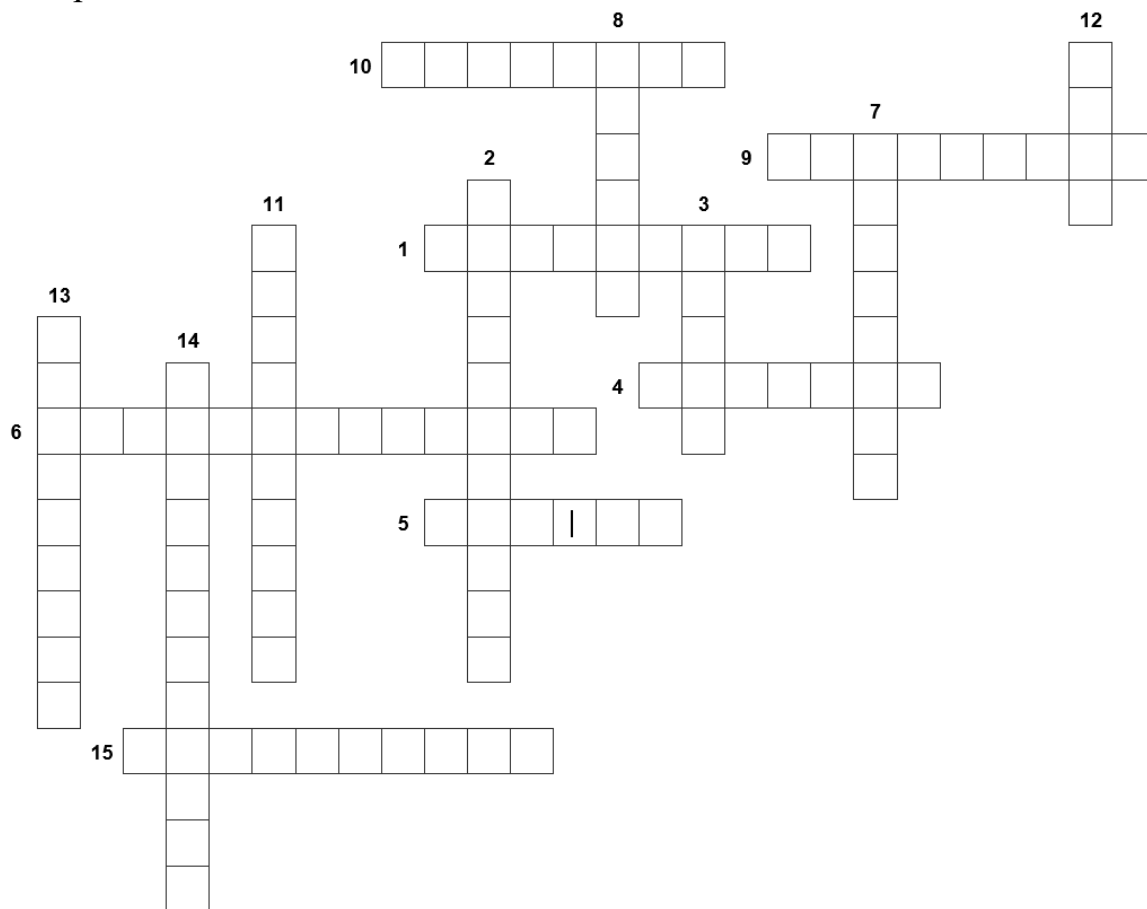
Используя данные из таблицы ниже, составьте две современных этикетки для вышеупомянутых реактивов, а также определите количественный состав смеси солей (в %). В этикетке укажите номенклатурное (не тривиальное) название реактива. Например, этикетка для соляной кислоты с массовой долей основного вещества >99% будет выглядеть так: «HCl, хлороводородная кислота, х.ч.». Во всех расчетах примите, что составы солей не изменились при длительном хранении, а влажность солей равна 0.

Реактив	Поташ	Поташ кислый	Смесь солей
$\omega(C)$, %	8,7	12,0	-
Навеска, г	4,14	3,00	3,50
Добавленный реактив	HCl	HCl	HCl
Объём выделившегося газа, л	0,66	0,66	0,67

(25 баллов)

Задание 2. Химия в «клеточках»

Используя подсказки, разгадайте кроссворд. Ответы запишите в формате «номер – слово».



По горизонтали:

1. Первый русский химик.
4. Единица измерения давления.
5. Высококачественный керамический материал, получаемый спеканием смеси каолина, кварца и полевого шпата.
6. Вещества, замедляющие или предотвращающие окисление органических соединений.
9. Вещество, вызывающее уменьшение скорости или полное подавление химической реакции.
10. Химическая реакция разложения вещества под действием высокой температуры.
15. Самопроизвольное или искусственное образование на поверхности металла тонкого и плотного слоя соединения (чаще всего оксида), снижающего его реакционную способность.

По вертикали:

2. Фазовый переход вещества из газообразного состояния в жидкое или твёрдое, происходящий при охлаждении или сжатии.
3. Макроскопически однородный материал, чаще всего состоящий из двух различных металлов.

7. Реакция обменного взаимодействия вещества с водой, приводящая к его разложению.

8. Сплав меди с цинком, обладающий повышенной прочностью и коррозионной стойкостью по сравнению с чистой медью.

11. Парниковый газ.

12. Электрод, на котором происходит реакция окисления.

13. Фазовый переход вещества из твёрдого состояния в жидкое, происходящий при нагревании.

14. Химическая реакция присоединения молекулы водорода по кратной связи (например, двойной или тройной) в органических или неорганических соединениях.

(15 баллов)

Задание 3. Забытый эксперимент великого химика

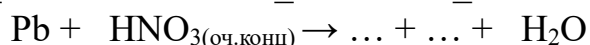
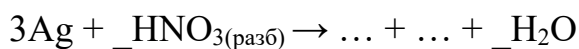
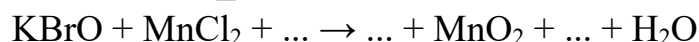
В период работы над Периодической системой элементов Д.И. Менделеев уделял особое внимание элементам с амфотерными свойствами, которые демонстрировали двойственность природы – металлической и неметаллической. Такие элементы были ключом к пониманию постепенного изменения свойств в таблице. Вот гипотетическая запись в его лабораторном журнале: *«Опыт от 3 мая сего года. Взял стружку серебристо-белого металла (М) массой 9,75 г. При действии на него разбавленной серной кислотой наблюдал энергичное выделение газа. Собрал 3,36 литра сего газа (при н.у.). Газ сгорал с хлопком. К полученному раствору соли А добавил по каплям раствор едкого натра. Выпал белый студенистый осадок Б, который полностью растворился при добавлении избытка щёлочи с образованием прозрачного раствора В. Взял 9,5 г азотнокислой соли М, высушил и прокалил. После завершения реакции получил 3,8 г твёрдого белого продукта Г, который на воздухе не изменяется»*. Определите металл М и вещества А, Б, В, Г, установите выход Г, напишите все уравнения упомянутых реакций, подтвердите решение расчётами.

(20 баллов)

Задание 4. Химия с пробелами

В мастерской Академии Алхимических Искусств произошёл сбой защитного заклинания: во время ночного эксперимента часть формул на стендах рассыпалась в серебристую пыль. Утром ученики обнаружили, что от сложных реакций остались лишь обрывки. Чтобы спасти результаты многомесячной работы, необходимо восстановить утерянные уравнения. Заполните пропуски, расставьте коэффициенты, определите окислители и восстановители. Помните: ошибка в реакциях может привести не только

к неверному ответу, но и к весьма непредсказуемым последствиям.
(Пропущенные вещества обозначены «...», утерянные коэффициенты «_»)



(20 баллов)

Задание 5. Позолоти стёклышко

Современные мегаполисы сталкиваются с проблемой высокого энергопотребления. Значительная часть энергии тратится на поддержание микроклимата в зданиях с большой площадью остекления – торговых центрах, музеях, аэропортах. Летом солнце нагревает помещения через окна, что требует мощного кондиционирования. А зимой тепло легко уходит наружу. Одним из высокотехнологичных решений этой проблемы стало создание «умных» стёкол со специальными нанопокрывтиями на основе золота. Золото выбрано из-за его высокой химической инертности и особых оптических характеристик. Наночастицы Au^0 активно рассеивают и отражают инфракрасное (тепловое) излучение, но при этом остаются достаточно прозрачными для видимого света. Это позволяет сохранять в помещении прохладу летом и тепло зимой, существенно снижая затраты на кондиционирование и отопление. Для крупного торгового центра экономия может составлять десятки процентов.

Как правило, сферические наночастицы золота получают восстановлением хлораурат-ионов цитрат-ионами (метод Туркевича-Френса) в водном растворе.



Для покрытия стекла площадью (S) = 3,0 м² требуется получить пленку, содержащую 0,7 г чистого золота (плотность 19,3 г/см³).

1. Рассчитайте массы тригидрата золотохлористоводородной кислоты и тригидрата цитрата натрия необходимые для синтеза 0,7 г золота, если выход целевой реакции на стадии синтеза ($\eta_{\text{синт.}}$) = 92%, избыток цитрата натрия 60%, а массовая доля примесей в техническом цитрате натрия равна 8%.

2. Оцените, какое количество (N) отдельных наночастиц золота содержится в полученном покрытии.

3. Во сколько раз общая площадь поверхности всех полученных наночастиц отличается от площади витрины, для которой предназначено покрытие?

4. Как степень измельчённости вещества (дисперсность) связана с его способностью к взаимодействию с другими веществами?

Для всех расчётов примите, что размер частиц – 20 нм, а их морфология – сферическая. Объем сферы – $4/3 \cdot \pi r^3$, площадь поверхности сферы – $4\pi r^2$.

(20 баллов)

Периодическая система химических элементов

1																	18								
1	Н 1 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 2 4,0026 0 Гелий Helium	1						
2	Li 3 6,94 +1 Литий Lithium	Be 4 9,0122 +2 Бериллий Beryllium																	B 5 10,81 +3 Бор Boron	C 6 12,011 +4 Углерод Carbon	N 7 14,007 -3 +3 +5 Азот Nitrogen	O 8 15,999 -2 Кислород Oxygen	F 9 18,998 -1 Фтор Fluorine	Ne 10 20,1798 0 Неон Neon	2
3	Na 11 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 12 24,305 +2 Магний Magnesium																	Al 13 26,9815 +3 Алюминий Aluminium	Si 14 28,085 +4 Кремний Silicon	P 15 30,9738 +5 Фосфор Phosphorus	S 16 32,06 +6 Сера Sulfur	Cl 17 35,45 -1 Хлор Chlorine	Ar 18 39,95 0 Аргон Argon	3
4	K 19 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 20 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 21 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 22 47,867 +4 Титан Titanium	V 23 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 24 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 25 54,938 +2 +4 Марганец Manganese	Fe 26 55,845 +3 Железо Iron	Co 27 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 28 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 29 63,546 +2 Медь Copper	Zn 30 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 31 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 32 72,63 +4 Германий Germanium	As 33 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 34 78,971 +4 Селен Selenium	Br 35 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 36 83,798 0 +2 Криптон Krypton	4						
5	Rb 37 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 38 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 39 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 40 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 41 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 42 95,95 +4 +6 Молибден Molybdenum	Tc 43 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 44 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 45 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 46 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 47 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 48 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 49 114,818 +3 Индий Indium	Sn 50 118,71 +4 Олово Tin	Sb 51 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 52 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 53 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 54 131,293 0 +6 Ксенон Xenon	5						
6	Cs 55 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 56 137,327 +2 Барий Barium	La 57 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 72 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 73 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 74 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 75 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 76 190,23 +4 +8 Осмий Osmium	Ir 77 192,217 +3 +4 Иридий Iridium	Pt 78 195,084 +2 +4 Платина Platinum	Au 79 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 80 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 81 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 82 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 83 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 84 208,9824 +4 Полоний Polonium	At 85 [210] -1 Астат Astatine	Rn 86 [222] 0 +2 Радон Radon	6						
7	Fr 87 [223] +1 Франций Francium	Ra 88 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 89 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf 104 [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db 105 [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg 106 [269] (+6) Сиборгий Seaborgium	Bh 107 [270] (+7) Борий Bohrium	Hs 108 [269] (+8) Хассий Hassium	Mt 109 [278] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 [285] ? Рентгений Roentgenium	Cn 112 [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh 113 [286] ? Нихоний Nihonium	Fl 114 [290] ? Флеровий Flerovium	Mc 115 [290] ? Московский Moscovium	Lv 116 [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts 117 [294] ? Теннессин Tennessine	Og 118 [294] ? Оганесон Oganesson	7						
				Ce 58 140,116 +3 +4 Церий Cerium	Pr 59 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 60 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm 61 [145] +3 Прометий Promethium	Sm 62 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 63 151,964 +3 Европий Europium	Gd 64 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 66 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 68 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 69 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 70 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 71 174,9668 +3 Лютеций Lutetium								
				Th 90 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 91 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 92 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 93 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu 94 [244] +3 +4 Плутоний Plutonium	Am 95 [243] +3 Америций Americium	Cm 96 [247] +3 Кюрий Curium	Bk 97 [247] +3 Берклий Berkelium	Cf 98 [251] +3 Калифорний Californium	Es 99 [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 [257] +3 Фермий Fermium	Md 101 [258] +3 Менделевий Mendelevium	No 102 [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr 103 [266] +3 Лоуренсий Lawrencium								

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	Н
F ⁻	Р	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	М	Н	Н	Н	Р	Р	Р	–	Н	Р	Р
Cl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	М	Р	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р	?	Р	Р	Н	Н	Н	М	?
S ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	–	–	–	Н	–	–	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HS ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	–	Н	?	?	М	Н	Н	Н	?	?
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	–	Н	Р	Р
HSO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	–	?	?	?	?	?	?	?	?	Н	?	?
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
NO ₂ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	М	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	Р	Н	Р	Р	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HPO ₄ ²⁻	Р	?	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	?	Н	?	Н	?	?	?	М	Н	?
H ₂ PO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	Р	Р	Р	?	–	?	?
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	?	Н
HCO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	?	?	?	?	Р	?	?
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р	Р	–	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
SiO ₃ ²⁻	Н	Н	Р	Р	?	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	?	Н	Н	?	?	Н	?	?
MnO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	Р	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	?	Н	?	?	?	Р	?	?	Н	Н	М	?	Р
CrO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Н	?	?	?	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
ClO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р
ClO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р

«Р» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«М» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«Н» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«-» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au
 ↓
 активность металлов уменьшается →

Химия. 9 класс. 3 вариант
Ответы

Задание 1.

1. Используя стандартное оборудование (аналитические весы, пробирки или стаканчики, спиртовку или электрическую плитку), можно провести прокаливание навесок (достаточно 150-200 °С) и измерить изменение их массы.

Процедура:

- взять три одинаковые навески (например, по 2 г) из каждой склянки.
- прокалить каждую навеску до постоянной массы, охладить в эксикаторе и взвесить.
- по величине потери массы после прокаливания можно однозначно идентифицировать каждое вещество.

Как известно, поташ – это карбонат калия. С другой стороны, состав соли можно определить, используя данные из задачи (массовую долю углерода и информацию о выделении газа при реакции поташа с соляной кислотой). При действии соляной кислоты на поташ выделяется газ. Это характерно для карбонатов. Следовательно, поташ содержит карбонат-ион CO_3^{2-} .

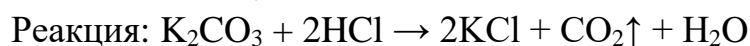
Обозначим формулу вещества как: M_xCO_3 , где М – металл. Массовая доля углерода равна 8,7 %. В одной формульной единице карбоната содержится один атом углерода массой 12 а.е.м., тогда молярная масса вещества равна: $M = 12/0,087 = 138$ г/моль. Молярная масса карбонат-иона = 60 г/моль, тогда масса металла 78 г/моль (не подходит) или в составе поташа два атома металла: $78/2 = 39$ г/моль. Атомная масса, близкая к 39, соответствует калию (К).

Ожидаемые результаты и химическое обоснование:

Предполагаемое вещество	Химическая реакция при нагревании	Ожидаемая потеря массы (для навески 2,00 г)	Обоснование
№1 K_2CO_3 (поташ)	Не разлагается (термически стабилен до ~850°C)	~0 г (0%)	Безводная соль.
№2 KHCO_3 (кислый поташ)	$2\text{KHCO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2\uparrow$	≈ 0,62 г (31%)	Кислая соль разлагается. Для 2

Предполагаемое вещество	Химическая реакция при нагревании	Ожидаемая потеря массы (для навески 2,00 г)	Обоснование
	$+ \text{H}_2\text{O}\uparrow$		моль KHCO_3 (200 г) потеря ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) = 62 г. Для 2 г: $(62/200) \cdot 2 = 0,62$ г.
№3 Смесь	Разлагается только часть (KHCO_3) $2\text{KHCO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}\uparrow$	Промежуточное значение между 0% и 31% До 0,62 г	Т.к. разлагается только часть смеси, то потеря массы будет меньше, чем в случае кислой соли. По величине потери можно оценить состав смеси.

2. Расчёт для Кувшина №1 (Поташ, K_2CO_3):



Теоретический расчёт: из 1 моль K_2CO_3 должен образоваться 1 моль CO_2 .

Для навески 4,14 г: $V_{\text{теор}} = (4,14 / 138) \cdot 22,4 = 0,672$ л

Практический результат: 0,66 л

Расчёт чистоты: $(0,66 / 0,672) \cdot 100\% \approx 98,2\%$.

Степень чистоты: $>98\%$, но $<99\%$ → Чистый (ч.).

Этикетка: K_2CO_3 , карбонат калия, ч.

Расчёт для Кувшина №2 (Поташ кислый, KHCO_3):



Из 1 моль KHCO_3 выделяется 1 моль CO_2 .

Для навески 3,00 г: $V_{\text{теор}} = (3,00 / 100) \cdot 22,4 = 0,672$ л

Практический результат: 0,66 л

Расчёт чистоты: $(0,66 / 0,672) \cdot 100\% \approx 98,2\%$.

Степень чистоты: $>98\%$, но $<99\%$ → Чистый (ч.).

Этикетка: KHCO_3 , гидрокарбонат калия, ч.

Расчёт для Кувшина №3 (смесь солей):



Пусть в навеске смеси массой 3,50 г содержится x г K_2CO_3 и $(3,50 - x)$ г KHCO_3 .

$$n(\text{CO}_2) = 0,67 / 22,4 = 0,03 \text{ моль}$$

Составим уравнение:

$$x/138 + (3,50 - x)/100 = 0,03$$

$$x \approx 1,816 \text{ г (масса } \text{K}_2\text{CO}_3\text{)}$$

$$\text{Масса } \text{KHCO}_3 = 3,50 - 1,816 = 1,684 \text{ г}$$

Массовые доли в смеси:

$$\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = (1,816 / 3,50) * 100\% = 51,9 \%$$

$$\omega(\text{KHCO}_3) = 100\% - 51,9\% = 48,1\%$$

Задание 2.

- | | |
|------------------|------------------|
| 1. Ломоносов | 9. Ингибитор |
| 2. Конденсация | 10. Термолиз |
| 3. Сплав | 11. Углекислый |
| 4. Паскаль | 12. Анод |
| 5. Фарфор | 13. Плавление |
| 6. Антиоксиданты | 14. Гидрирование |
| 7. Гидролиз | 15. Пассивация |
| 8. Латунь | |

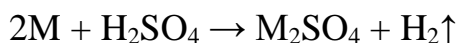
Задание 3.

Газ, сгорающий с хлопком – это водород (H_2).

1. **Рассчитаем количество вещества водорода:**

$$n(\text{H}_2) = V / V_m = 3,36 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,15 \text{ моль}$$

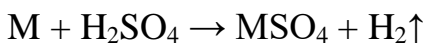
2. **Предположим, что М – однозарядный металл, тогда:**



Из уравнения видно, что на 2 моль металла выделяется 1 моль

водорода, тогда $n(\text{M}) = 0,15 * 2 = 0,3$ моль, отсюда молярная масса $\text{M} = 32,5$, не подходит.

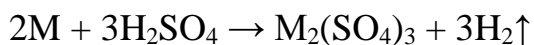
3. **Предположим, что М – двухзарядный металл, тогда:**



Соотношение: $n(\text{M}) = n(\text{H}_2) = 0,15$ моль

Тогда молярная масса: $m(\text{M}) / n(\text{M}) = 9,75 \text{ г} / 0,15 \text{ моль} = 65 \text{ г/моль}$. Это цинк. Подходит.

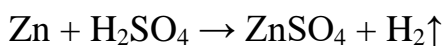
4. **Предположим, что М – металл трёхвалентный:**



$$n(\text{H}_2) / 3 = n(\text{M}) / 2 \rightarrow n(\text{M}) = (2/3) * n(\text{H}_2) = (2/3) * 0,15 \text{ моль} = 0,1 \text{ моль}$$

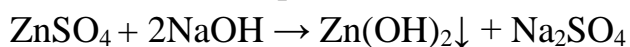
Тогда молярная масса: $\text{M}(\text{M}) = m(\text{M}) / n(\text{M}) = 9,55 \text{ г} / 0,1 \text{ моль} = 95,5 \text{ г/моль}$. Металла с такой массой нет.

Следовательно М – цинк.



A - ZnSO_4

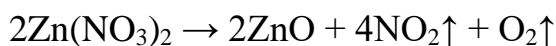
При добавлении щёлочи (NaOH) к раствору соли цинка выпадает белый студенистый осадок, который в избытке щёлочи растворяется:



Осадок **Б** - $\text{Zn}(\text{OH})_2$

Раствор **В** - $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$

При прокаливании нитрат цинка разлагается с образованием его оксида (ZnO) - **Г**:



$$n(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 9,5 / 189 = 0,05 \text{ моль}$$

Значит, теоретически должно образоваться: $n(\text{ZnO})_{\text{теор.}} = 0,05 \text{ моль}$.

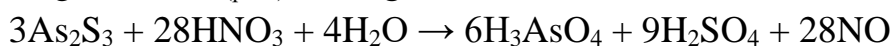
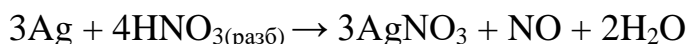
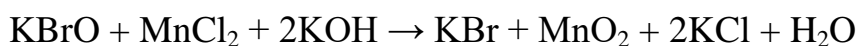
Теоретическая масса ZnO : $m(\text{ZnO})_{\text{теор.}} = 0,05 \text{ моль} * 81 \text{ г/моль} = 4,05 \text{ г}$

Практически получено: $m(\text{ZnO})_{\text{практ.}} = 3,8 \text{ г}$.

Расчёт выхода продукта Г:

$$\eta = (m_{\text{практ.}} / m_{\text{теор.}}) * 100\% = (3,8 \text{ г} / 4,05 \text{ г}) * 100\% \approx 93,82\%$$

Задание 4



Задание 5

1. Рассчитаем массу тригидрата золотохлористоводородной кислоты:

Теоретическая масса золота с учетом выхода:

$$m_{\text{Au}_{\text{теор}}} = m_{\text{Au}} / \eta = 0,7 / 0,92 \approx 0,76 \text{ г}$$

Количество вещества золота, соответствующее этой массе:

$$n(\text{Au}) = 0,76 / 197 \approx 0,0039 \text{ моль}$$

$$n(\text{HAuCl}_4) = n(\text{Au})$$

Масса тригидрата HAuCl_4 :

$$m(\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 0,0039 * 394 = 1,54 \text{ г}$$

Рассчитаем массу тригидрата цитрата натрия (с учётом избытка и примесей):

$$\text{По уравнению } n(\text{цитрата}) = 3/2 * n(\text{Au}) = 1,5 * 0,0039 = 0,0059 \text{ моль}$$

Количество с учётом избытка 60%:

$$n(\text{цитрата}) = 0,0059 * 1,6 = 0,00944 \text{ моль}$$

Масса технического тригидрата цитрата:

$$M_{\text{тех}} = 0,00944 \cdot 312 / 0,92 = 3,2 \text{ г}$$

2. Объём и масса одной частицы:

$$V = 4/3 \pi r^3 = 4/3 \cdot 3,1416 \cdot (10^{-6})^3 = 4,189 \cdot 10^{-18} \text{ см}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 19,3 \cdot 4,189 \cdot 10^{-18} = 8,085 \cdot 10^{-17} \text{ г}$$

Общее число частиц в покрытии массой 0,35 г:

$$N = m_{\text{Au}} / m = 0,7 / 8,085 \cdot 10^{-17} = 8,66 \cdot 10^{15} \text{ наночастиц}$$

3. Площадь поверхности одной частицы (в м²):

$$r = 10 \text{ нм} = 10^{-8} \text{ м}$$

$$S = 4 \pi r^2 = 4 \cdot 3,1416 \cdot (10^{-8})^2 = 1,257 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$$

Общая площадь поверхности всех частиц:

$$S_{\text{общ}} = N \cdot S = (8,66 \cdot 10^{15}) \cdot (1,257 \cdot 10^{-15}) = 10,9 \text{ м}^2$$

Отношение к площади витрины:

$$S_{\text{общ}} / S_{\text{витр.}} = 10,9 / 3,0 = 3,63$$

4. Дисперсность – это степень измельчения вещества. Чем выше дисперсность (т.е. чем меньше размер частиц), тем больше удельная поверхность (площадь поверхности на единицу массы или объёма вещества). Увеличение удельной поверхности приводит к усилению взаимодействия с другими веществами, потому что:

-растёт число активных центров на поверхности, способных участвовать в физических (адсорбция, рассеяние света) и химических процессах.

-ускоряются процессы массо- и теплообмена из-за уменьшения диффузионных путей.

Химия. 9 класс. 3 вариант
Критерии оценивания

Задание 1.

За предложение анализа солей путём термообработки – 2 балла.

За описание процедуры определения солей – 2 балла

За указание устойчивости поташа – 1 балл

За реакцию разложения кислого поташа – 1 балл

За расчеты потери массы вещества при прокаливании – по 2 балла – 4 балла

За реакции взаимодействия солей с соляной кислотой – по 1 баллу – 2 балла

За расчет чистоты для каждой соли – по 2 балла – 4 балла

За верное указание этикетки вещества – по 2 балла – 4 баллов, если не подтверждено расчетами – 1 балл, если неверно указана формула, название вещества или чистота – по 0 баллов.

За расчет состава смеси – 5 баллов

Итого: 25 баллов.

Задание 2.

За каждое верно определенное слово кроссворда – по 1 баллу – 15 баллов

Итого: 15 баллов.

Задание 3.

За верное определение водорода – 1 балл

За расчет количества вещества водорода – 1 балл

За определение цинка, подтвержденное рассуждениями и расчётами – 4 балла, если не приведены расчеты и рассуждения – 1 балл

За уравнения реакций соли цинка с щелочью – по 2 балла – 4 балла

За указание А, Б и В – по 1 баллу – 3 балла

За указание, что Г – оксид цинка – 1 балл

За уравнение реакции разложения нитрата цинка – 2 балла

За расчёт теоретической массы оксида цинка – 2 балла

За расчет выхода оксида цинка – 2 балла

Итого: 20 баллов.

Задание 4.

- За каждую верно написанную реакцию – по 3 балла – 15 баллов (если реакция не уравнена – по 1 баллу)

- За верно указанные окислители и восстановители для каждой ОВР – по 1 баллу – 5 баллов

Итого: 20 баллов

Задание 5.

- За расчёт масс тригидрата золотохлористоводородной кислоты и тригидрата цитрата натрия – по 4 балла – 8 баллов
- За определение массы и объема одной частицы – по 2 балла – 4 балла
- За определение общего числа наночастиц золота – 2 балла
- За определение площади поверхности частиц – 3 балла
- За определение отношения площадей поверхности частиц к площади витрины – 1 балл
- За верные рассуждения о дисперсности вещества – 2 балла

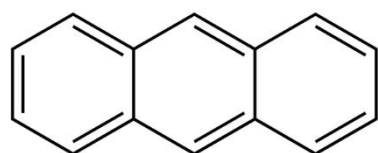
Итого: 20 баллов

Химия. 10 класс. 1 вариант

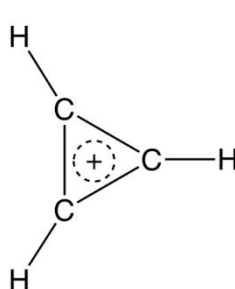
Работа рассчитана на 240 минут

Задача 1. Формула нестабильности

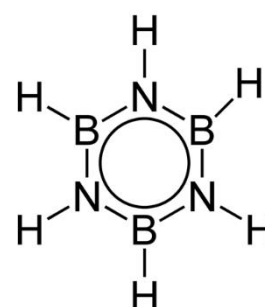
Ароматичность – это квантово-механическое явление, проявляющееся в повышенной термодинамической устойчивости плоских циклических молекул, содержащих сопряжённую систему. Согласно правилу Хюккеля, количество электронов в этой системе должно быть равно $4n+2$, где n – это любое целое неотрицательное число (0, 1, 2, 3 и т.д.), при этом совсем не обязательно, чтобы ароматическое соединение содержало бензольное кольцо. Несколько примеров различных ароматических структур приведены на рисунке ниже:



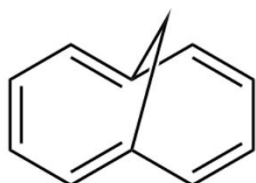
Антрацен



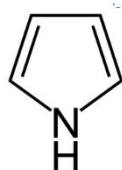
Циклопропильный карбокатион



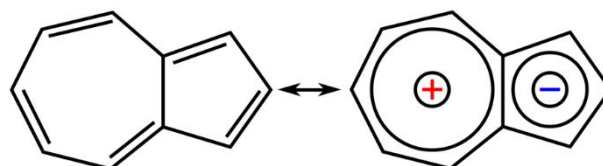
Боразол



1,6-метано[10]аннулен



Пиррол



Азулен (две резонансные структуры)

В то же время, если в молекуле имеется сопряжённая система, содержащая $4n$ электронов, она будет характеризоваться антиароматичностью: низкой термодинамической устойчивостью и чрезвычайно высокой реакционной способностью. К примеру, простейшее незаряженное антиароматическое соединение **A**, ввиду своей неустойчивости, может быть получено лишь при температурах менее 35 К.

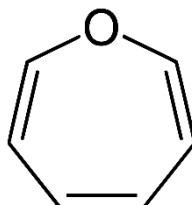
1. При комнатной температуре **A** чрезвычайно быстро димеризуется по механизму $[4+2]$ -циклоприсоединения с образованием соединения **B** (C_8H_8). Установите структурные формулы соединений **A** и **B** и напишите уравнение этой реакции. К какому типу циклов относится **B** – ароматическим, антиароматическим или неароматическим? Объясните свой выбор.

Тетразамещённые производные соединения **A** часто характеризуются гораздо более высокой устойчивостью. Одно из таких соединений – углеводород **C** – может быть получено при нагревании тетра-трет-бутилтетраэдрана **D** – валентного изомера **C** – до 130 °С.

2. Установите структурные формулы соединений **C** и **D** и напишите уравнение указанной выше реакции. По какой причине многие

тетразамещённые производные **A**, содержащие объёмные заместители, обладают повышенной устойчивостью и не подвергаются димеризации при комнатной температуре?

3. Оксепин – это семичленное гетероциклическое соединение, образующееся в организме человека при окислении бензола под действием цитохрома P450 (см. рисунок). По формальным критериям (наличие циклической сопряжённой системы, $4n$ электронов) он должен проявлять антиароматические свойства, однако оксепин является неароматическим. По какой причине? Ответ поясните.

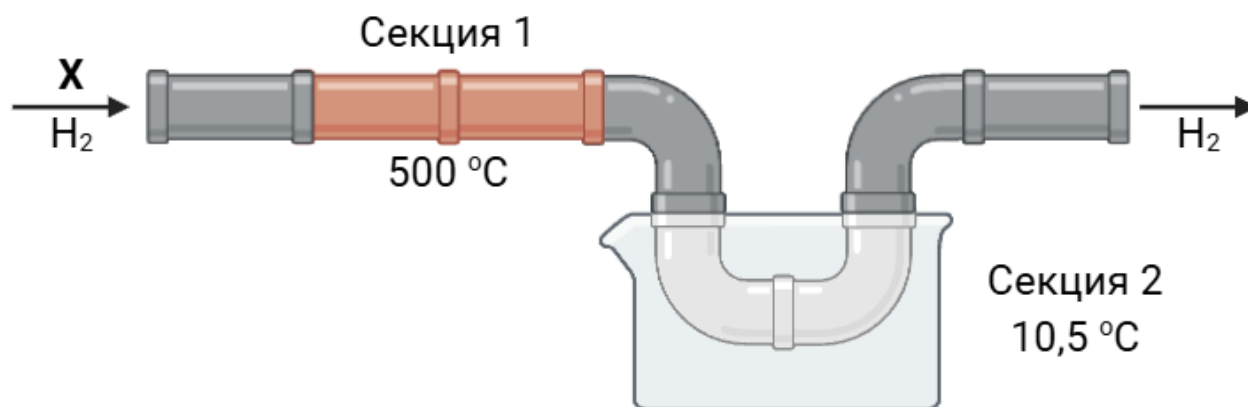


4. Напишите уравнение реакции взаимодействия циклооктатетраена с двумя молями калия. Известно, что в этой реакции калий проявляет свойства одноэлектронного восстановителя.

(20 баллов)

Задача 2. Сантехнические штучки

На рисунке изображено устройство, представляющее собой цинковую трубку с двумя термостатируемыми секциями. В первой секции поддерживается температура $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, а во второй – $10,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Через цинковую трубку массой 80 г пропустили пары соединения **X** в токе водорода (носитель), при этом внутри трубки на поверхности первой секции образовался зеркальный металлический слой, во второй секции появилась бесцветная жидкость **Y** объемом $22,72\text{ см}^3$ ($\rho = 1,386\text{ г/см}^3$), а из выходного отверстия трубки вышел только газ-носитель. Образовавшуюся жидкость количественно перенесли (в безвоздушной среде) в колбу с избытком воды, в результате чего образовался белый осадок **Z** и выделилось 24046 мл газа **V** ($P = 0,69\text{ атм.}$, $t = 32\text{ }^{\circ}\text{C}$).

1. Пользуясь справочными данными, установите формулы соединений **X**, **Y**, **Z**, **V**. Ответы подтвердите расчетами

Справочные данные:

– Массовые доли элементов в X: $\omega(C) = 17,98 \%$; $\omega(Pb) = 77,53 \%$;
 $\omega(H) = 4,49 \%$.

– Количество вещества Y вдвое больше количества вещества X.

2. Напишите уравнения всех протекающих реакций. Процессами рекомбинации радикалов и взаимодействиями с газом-носителем пренебречь.

3. Определите массы газов X и V, а также массу трубки после выливания из нее жидкости Y. Ответы подтвердите расчетами.

4. Предложите области применения соединений X и Y.

(26 баллов)

Задача 3. Не бойтесь бананов

Радиоактивный распад (радиоактивность) – спонтанное изменение состава или внутреннего строения нестабильных атомных ядер путем испускания элементарных частиц, гамма-квантов и/или ядерных фрагментов.

Ниже вашему вниманию предлагаются небольшие задачи, иллюстрирующие, как тесно мы связаны с явлением радиоактивности.

1. Ни для кого не секрет, что бананы богаты калием. Однако не всем известно, что за счет того, что в состав природного калия входит радиоактивный калий-40, бананы, хотя и незначительно, но все же радиоактивны.

Активность калия-40 в грамме природного калия составляет 32 Бк. Установите удельную активность ^{40}K (в пересчете на 1 кг бананов), если известно, что в банане массой 126 г содержится примерно 0,45 г калия.

2. Другим продуктом питания, который известен своей радиоактивностью, является бразильский орех. Основной вклад в их радиоактивность вносят два изотопа радия: радий-226 ($T = 1600$ лет) и радий-228 ($T = 5,75$ лет). Удельная активность ^{226}Ra составляет 49 мБк на 1 г орехов, а ^{228}Ra – 67 мБк/г.

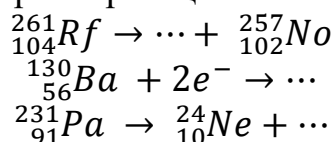
Определите активность радия в 50 г бразильских орехов. Ответ выразите в Бк.

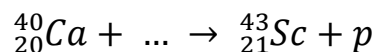
3. Установите, через сколько дней активность ^{228}Ra в горсти бразильских орехов уменьшится на 1 %.

4. Не стоит, однако, думать, что радионуклиды содержатся только в продуктах питания. Существуют и другие проявления естественной радиоактивности, к примеру, космическое излучение, а также излучение окружающих нас вещей. Так, радон-222, радий-226, торий-232 и калий-40 являются основными радионуклидами, определяющими радиоактивность бетона, мрамора, гранита, песка и прочих строительных материалов.

Запишите схемы радиоактивного распада радона-222 и тория-232 (альфа-распад), а также калия-40 (бета-минус-распад).

5. Закончите схемы ядерных реакций:





Обратите внимание: естественная радиоактивность продуктов питания и окружающих нас предметов на порядки ниже предельно допустимых значений. Не бойтесь есть бананы, при умеренном потреблении они очень полезны!

Справочная информация:

Основной закон, определяющий кинетику радиоактивного распада, математически записывается следующим образом:

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t},$$

где N_t – число атомов в момент времени t , N_0 – начальное число атомов, λ – постоянная распада, t – время.

Постоянная распада, в свою очередь, определяется из соотношения:

$$\lambda = 0,693/T,$$

где T – период полураспада.

В более простом виде основной закон радиоактивного распада записывается как:

$$N_t = N_0 \cdot 2^{-t/T}.$$

Для установления числа радиоактивных распадов в единицу времени пользуются понятием *активность радиоактивного источника* (A). Активность измеряется в беккерелях (1 Бк = 1 распад в секунду) и рассчитывается по вышеописанным уравнениям (за тем исключением, что N_t и N_0 заменяются на A_t и A_0 соответственно).

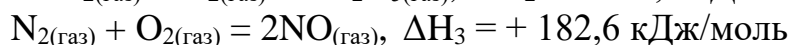
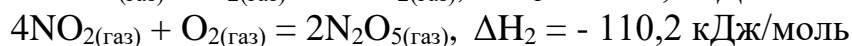
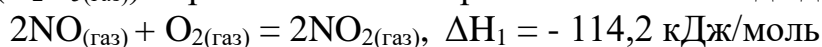
(14 баллов)

Задание 4. Термодинамический пазл

*«Щепотка солерода, стакан кислоты –
а что получится, решит термодинамика»
Химический фольклор (приписывается Бертолле)*

Как известно, расчет величин термодинамических функций (энтальпии (H), энергии Гиббса (G) и энтропии (S)) позволяет определить направление протекание реакций. В случае оксидов азота это имеет важное значение для исследования химии атмосферы и процессов горения. Однако наблюдаемое многообразие оксидов азота, включающее по меньшей мере пять устойчивых молекулярных соединений и ряд метастабильных и радикальных форм, существенно осложняет описание термодинамических равновесий в системе «азот – кислород».

1. Используя представленные ниже термохимические данные ($T = 298 \text{ K}$), вычислите стандартные **энтальпию** ($\Delta_f H^\circ_{298}(\text{N}_2\text{O}_5(\text{газ}))$) и **энергию Гиббса** ($\Delta_f G^\circ_{298}(\text{N}_2\text{O}_5(\text{газ}))$) образования газообразного пентаоксида диазота.



$$S^\circ_{298}(\text{N}_2)_{(\text{газ})} = 191,6 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$S^\circ_{298}(\text{O}_2)_{(\text{газ})} = 205,0 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\begin{aligned}S_{298}^{\circ}(\text{NO})_{(\text{газ})} &= 210,8 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1} \\S_{298}^{\circ}(\text{NO}_2)_{(\text{газ})} &= 240,1 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1} \\S_{298}^{\circ}(\text{N}_2\text{O}_5)_{(\text{газ})} &= 355,7 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1} \\S_{298}^{\circ}(\text{N}_2\text{O}) &= 219,9 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1} \\ \Delta_f H_{298}^{\circ}(\text{N}_2\text{O}) &= 82,1 \text{ кДж/моль}\end{aligned}$$

2. Сделайте вывод о термодинамической устойчивости этого оксида при стандартных условиях.

3. Для реакции $\text{N}_2\text{O}_{(\text{газ})} \rightarrow \text{N}_{2(\text{газ})} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(\text{газ})}$ рассчитайте константу равновесия K_p при 298 К. Объясните, почему несмотря на термодинамическую обусловленность процесса разложения N_2O может длительно существовать при комнатной температуре.

4. Оцените температуру, при которой реакция разложения $\text{N}_2\text{O}_{(\text{газ})}$ перестает быть термодинамически выгодной.

Справочные данные

Энтальпия – термодинамическая функция состояния, учитывающая возможность совершения системой механической работы (PV): $H = U + PV$, изменение которой равно тепловому эффекту химической реакции при постоянном давлении, взятому с обратным знаком: $\Delta H = -Q$.

Закон Гесса: Тепловой эффект химической реакции, протекающей при постоянном давлении или постоянном объеме, не зависит от пути реакции, а определяется только состоянием реагентов и продуктов реакции.

Следствие 1 закона Гесса: энтальпия химической реакции равна сумме теплот образования продуктов реакции за вычетом суммы теплот образования исходных веществ:

$$\begin{aligned}aA + bB &= cC + dD \\ \Delta_r H &= c\Delta_f H(C) + d\Delta_f H(D) - a\Delta_f H(A) - b\Delta_f H(B)\end{aligned}$$

Связь энергии Гиббса, энтальпии и энтропии: $\Delta G^{\circ} = \Delta H^{\circ} - T\Delta S^{\circ}$
Связь энергии Гиббса с константой равновесия: $\Delta G^{\circ} = -RT \ln K_p$, где R – универсальная газовая постоянная $8,314 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$, T – температура в Кельвинах.

(20 баллов)

Задание 5. Дары элемента X

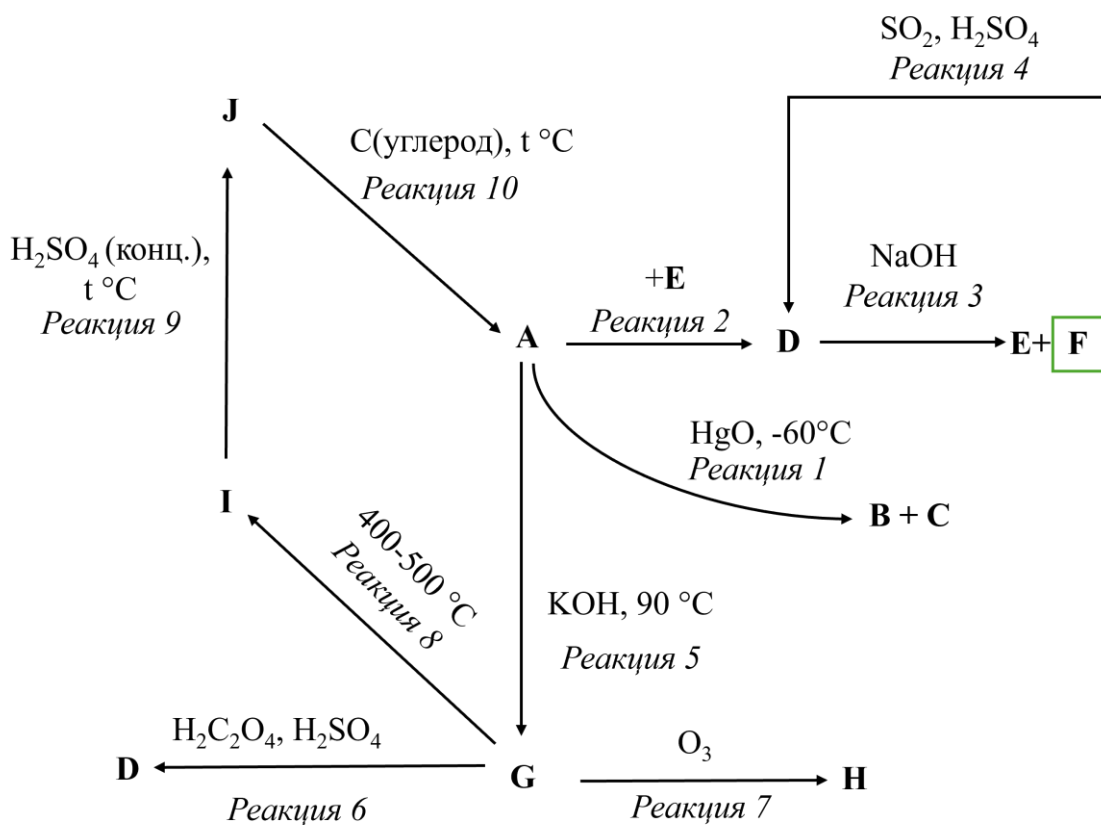
Соединения элемента X сыграли ключевую роль в развитии цивилизации, обеспечив санитарную безопасность, массовую гигиену и создание важнейших материалов.

Вашему вниманию предлагается схема превращений, в которой все зашифрованные вещества (А-Ж) содержат X (см. таблицу, ω – массовая доля).

Е – соль, которая используется для отбеливания бумаги, **Г** впервые была получена известным французским химиком в XVIII веке и названа его именем, **Н** – димер, **Ж** – сильный электролит.

Реакции 5 и 8 – диспропорционирование.

Вещество	Тип	$\omega(\text{X}), \%$
A	простое	100
B	бинарное	26,14
C		81,61
D		52,59
H		42,48
J	кислота	35,29
F	соли-аналоги	33,34
G		28,93
I	соль кислоты J	25,59



1. Установите соединения **A–J**.
2. Напишите все приведённые на схеме уравнения реакций.

(20 баллов)

Периодическая система химических элементов

1																	18	
1	H 1 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 2 4,0026 0 Гелий Helium
2	Li 3 6,94 +1 Литий Lithium	Be 4 9,0122 +2 Бериллий Beryllium																
3	Na 11 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 12 24,305 +2 Магний Magnesium																
4	K 19 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 20 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 21 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 22 47,867 +4 Титан Titanium	V 23 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 24 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 25 54,938 +2 Марганец Manganese	Fe 26 55,845 +3 Железо Iron	Co 27 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 28 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 29 63,546 +2 Медь Copper	Zn 30 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 31 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 32 72,63 +4 Германий Germanium	As 33 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 34 78,971 +4 Селен Selenium	Br 35 79,904 +1 Бром Bromine	Kr 36 83,798 +2 Криптон Krypton
5	Rb 37 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 38 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 39 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 40 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 41 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 42 95,95 +6 Молибден Molybdenum	Tc 43 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 44 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 45 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 46 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 47 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 48 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 49 114,818 +3 Индий Indium	Sn 50 118,71 +4 Олово Tin	Sb 51 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 52 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 53 126,9045 +1 Иод Iodine	Xe 54 131,293 +6 Ксенон Xenon
6	Cs 55 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 56 137,327 +2 Барий Barium	La 57 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 72 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 73 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 74 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 75 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 76 190,23 +8 Осмий Osmium	Ir 77 192,217 +4 Иридий Iridium	Pt 78 195,084 +3 Платина Platinum	Au 79 196,9666 +2 Золото Gold	Hg 80 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 81 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 82 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 83 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 84 208,9824 +4 Полоний Polonium	At 85 [210] -1 Астат Astatine	Rn 86 [222] +2 Радон Radon
7	Fr 87 [223] +1 Франций Francium	Ra 88 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 89 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf 104 [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db 105 [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg 106 [269] (+6) Сиборгий Seaborgium	Bh 107 [270] (+7) Борий Bohrium	Hs 108 [269] (+8) Хассий Hassium	Mt 109 [278] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn 112 [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh 113 [286] ? Нихоний Nihonium	Fl 114 [290] ? Флеровий Flerovium	Mc 115 [290] ? Московский Moscovium	Lv 116 [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts 117 [294] ? Теннесси Tennessine	Og 118 [294] ? Оганесон Oganesson
				Ce 58 140,116 +3 Церий Cerium	Pr 59 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 60 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm 61 [145] +3 Прометий Promethium	Sm 62 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 63 151,964 +3 Европий Europium	Gd 64 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 66 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 68 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 69 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 70 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 71 174,9668 +3 Лютеций Lutetium	
				Th 90 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 91 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 92 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 93 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu 94 [244] +3 Плутоний Plutonium	Am 95 [243] +3 Америций Americium	Cm 96 [247] +3 Кюрий Curium	Bk 97 [247] +3 Берклий Berkelium	Cf 98 [251] +3 Калифорний Californium	Es 99 [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 [257] +3 Фермий Fermium	Md 101 [258] +3 Менделевий Mendelevium	No 102 [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr 103 [269] +3 Лоуренсий Lawrencium	

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	Н
F ⁻	Р	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	М	Н	Н	Н	Р	Р	Р	–	Н	Р	Р
Cl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	М	Р	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р	?	Р	Р	Н	Н	Н	М	?
S ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	–	–	–	Н	–	–	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HS ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	–	Н	?	?	М	Н	Н	Н	?	?
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	–	Н	Р	Р
HSO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	–	?	?	?	?	?	?	?	?	Н	?	?
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
NO ₂ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	М	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	Р	Н	Р	Р	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HPO ₄ ²⁻	Р	?	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	?	Н	?	Н	?	?	?	М	Н	?
H ₂ PO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	Р	Р	Р	?	–	?	?
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	?	Н
HCO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	?	?	?	?	Р	?	?
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р	Р	–	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
SiO ₃ ²⁻	Н	Н	Р	Р	?	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	?	Н	Н	?	?	Н	?	?
MnO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	Р	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	?	Н	?	?	?	Р	?	?	Н	Н	М	?	Р
CrO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Н	?	?	?	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
ClO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р
ClO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р

«Р» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«М» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«Н» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«–» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

активность металлов уменьшается →

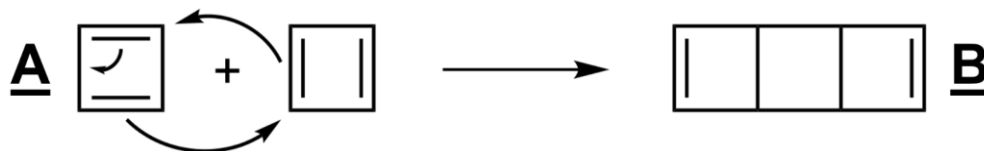
ХИМИЯ 10 КЛАСС

Вариант I ответы

Задача 1.

1) Простейшее антиароматическое соединение **A** – это циклобутадиен. Он содержит плоскую циклическую сопряжённую систему, в которой делокализовано 4 π -электрона ($4n$ при $n = 1$). Это также подтверждается брутто-формулой димера **B** (C_8H_8), исходя из которой **A** должна соответствовать формула C_4H_4 .

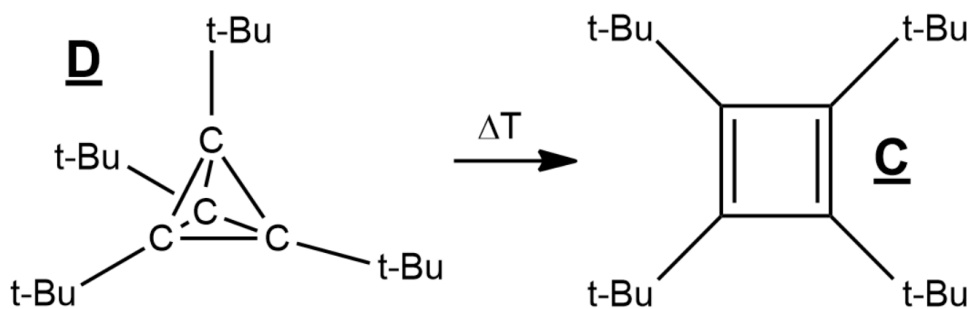
При димеризации циклобутадиена одна молекула последнего выступает в роли сопряжённого диена, в то время как вторая – в роли диенофила; структура димера **B** содержит три четырёхчленных цикла:



Поскольку **B** не содержит сопряжённую систему, а также в его состав входят четыре sp^3 -гибридных атома углерода, геометрия которых стремится к тетраэдрической, оно не может быть ни ароматическим, ни антиароматическим (является неароматическим).

(8 баллов)

2) Логично предположить, что тетразамещённое производное циклобутадиена **C**, получающееся при термической изомеризации тетра-трет-бутилтетраэдрана, будет содержать те же четыре заместителя, что и его валентный изомер **D**. Таким образом, **C** – это тетра-трет-бутилциклобутадиен:

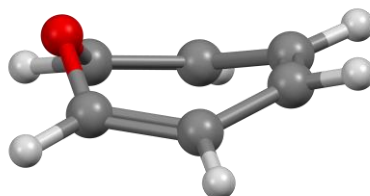


Тетразамещённые производные циклобутадиена, содержащие объёмные заместители, характеризуются более высокой устойчивостью к димеризации вследствие стерических препятствий, затрудняющих “подход”

двух молекул циклобутадиена друг к другу. Кроме того, заместители могут обеспечивать дополнительную электронную стабилизацию за счёт гиперконъюгации, однако стерические препятствия являются доминирующим фактором. *Указание гиперконъюгации в качестве стабилизирующего фактора не оценивается при решении задачи.*

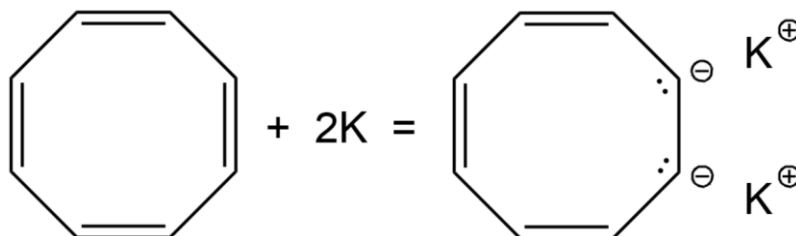
(8 баллов)

3) Оксепин не является антиароматическим, поскольку принимает конформацию “ванна”, что приводит к нарушению сопряжения. В результате оксепин проявляет свойства неароматического непредельного соединения, а также относительно легко образуется при окислении бензола в организме человека. *Изображение наиболее устойчивой конформации оксепина не оценивается при решении задачи.*



(2 балла)

4) При взаимодействии циклооктатетраена с калием происходит двойное одноэлектронное восстановление кольца, что приводит к образованию ароматического дианиона, содержащего сопряжённую систему из 10 π -электронов. *В решении допускается изображение любой корректной резонансной структуры продукта (включая резонансный гибрид), а также любой корректный тип связи C-K (ковалентная или ионная).*



(2 балла)

По материалам из статей:

<https://doi.org/10.1021/ja00789a088>

<https://doi.org/10.1002/anie.197805201>

<https://doi.org/10.1021/ja020863n>

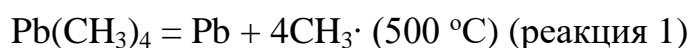
Задача 2.

Первым делом определимся с формулой **X**. Основываясь на справочных данных, установим простейшую формулу **X**. Пусть для удобства расчетов масса **X** равна 100 г, тогда $m(\text{Pb}) = 77,53$ г; $m(\text{C}) = 17,98$ г; $m(\text{H}) = 4,49$ г. Отсюда $n(\text{Pb}) = 77,53/207 = 0,3745$ моль; $n(\text{C}) = 17,98/12 = 1,4983$ моль; $n(\text{H}) = 4,49/1 = 4,49$ моль.

$$\begin{aligned} n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{Pb}) \\ 1,4983:4,49:0,3745 \\ 4:12:1 \\ \text{C}_4\text{H}_{12}\text{Pb} \end{aligned}$$

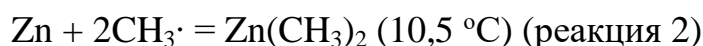
Поскольку нагревание **X** до 500 °С приводит к образованию зеркального металлического слоя на поверхности трубки, вполне разумно предполагать, что металл, формирующий этот слой – свинец, а протекающая реакция (в качестве атмосферы в условиях указан только водород) – реакция разложения. Оставшиеся два элемента, входящие в состав **X**, углерод и водород, предположительно могут быть в составе радикалов (в вопросе 2 упоминается об отсутствии процессов рекомбинации) и, судя по количеству С и Н, – метильных.

Таким образом, **X** – $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$.



(5,5 баллов)

Метильные радикалы, направляемые газом-носителем в охлаждаемую вторую секцию, реагируют с материалом трубки, формируя жидкость **Y**, представляющую собой диметилцинк, $\text{Zn}(\text{CH}_3)_2$.



(5,5 баллов)

Y затем растворяют в избытке воды без доступа кислорода, в результате чего образуются осадок **Z** и газ **V**. Очевидно, что белый осадок **Z** – $\text{Zn}(\text{OH})_2$. Определимся с составом газа **V**. Масса **Y** равна $22,72 \text{ см}^3 \cdot 1,386 \text{ г/см}^3 = 31,49$ г. $n(\text{Y}) = 31,49/95 = 0,331$ моль.

По уравнению Менделеева-Клапейрона определим количество вещества газа **V**.

$$PV = nRT$$

$$0,69 * 101325 * 24046 * 10^{-6} = n * 8,314 * (273 + 32)$$

$$n(\mathbf{V}) = 0,662 \text{ моль}$$

Тогда $n(\text{Zn}(\text{CH}_3)_2)/n(\mathbf{V}) = 1/2$. Отсюда, учитывая, что осадок представляет собой гидроксид цинка, **V** – углеродсодержащий газ. Учитывая стехиометрию и отсутствие процессов рекомбинации, единственно возможной реакцией в данных условиях будет:



Отсюда **V** – метан. А масса **V** равна $0,662 * 16 = 10,6$ г.

(9 баллов)

Найдем массу **X**. Учитывая стехиометрию протекающих реакций, несложно заметить, что $n(\text{Pb}(\text{CH}_3)_4)$ относится к $n(\text{Zn}(\text{CH}_3)_2)$ как 1:2. Тогда $n(\text{Pb}(\text{CH}_3)_4) = 0,331/2 = 0,1655$ моль. Масса **X** в этом случае равна $0,1655 * 267 = 44,19$ г.

Найдем массу трубки после выливания из нее жидкости **Y**: $m(\text{Pb}(\text{CH}_3)_4) + m(\text{Zn}) - m(\text{Zn}(\text{CH}_3)_2) = 44,19 + 80 - 31,49 = 92,7$ г.

(4 балла)

Области применения **X** – инициация радикальных реакций, антидетонатор для бензинового топлива и др.

Области применения **Y** – инициация радикальных реакций, ускорение вулканизации каучука, оргсинтез (метилирующий агент) и др.

(2 балла)

Задача 3.

1) Поскольку в банане массой 126 г содержится 0,45 г калия, то в 1 кг бананов содержится 3,57 г калия. Так как активность 1 г природного калия составляет 32 Бк, то активность в случае 3,57 г составляет 114 Бк. Тогда удельная активность равна 114 Бк/кг.

(3 балла)

2) Так как активность радия-226 и радия-228 в 1 грамме орехов равна 49 мБк и 67 мБк, то суммарная активность радия равна 116 мБк. В навеске 50 г активность равна 5,8 Бк.

(3 балла)

3) Используем уравнение основного закона радиоактивного распада:

$$A_t = A_0 \cdot 2^{-t/T}$$

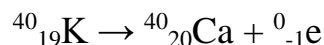
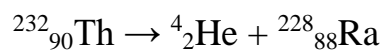
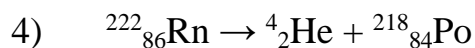
$$A_t/A_0 = 2^{-t/T}$$

$$0,99 = 2^{-t/5,75}$$

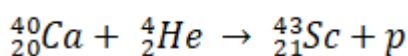
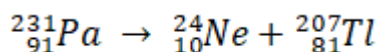
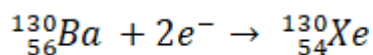
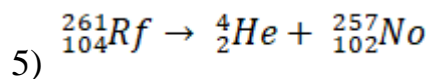
$$\ln(0,99) = -\ln(2) \cdot t/5,75$$

$$t = 0,0834 \text{ лет} = 30,44 \text{ дней}$$

(3 балла)



(3 балла)

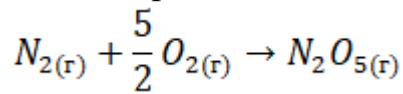


(2 балла)

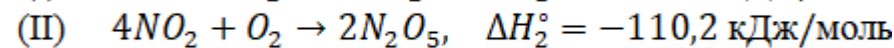
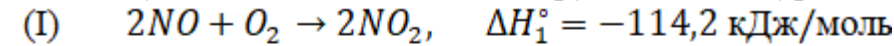
Задача 4.

Решение:

1. Целевая реакция:

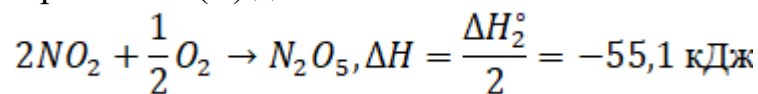


Используем закон Гесса, комбинируя заданные уравнения:

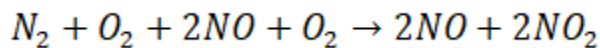


Преобразуем:

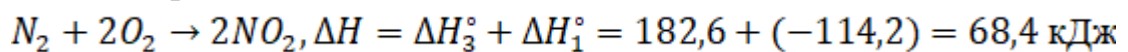
Уравнение (II) делим на 2:



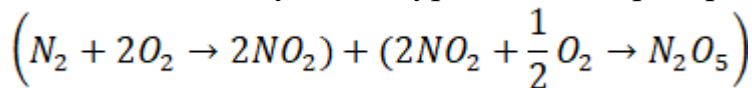
Складываем (III) и (I):



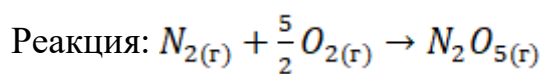
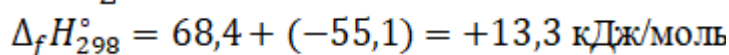
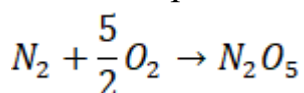
После сокращения $2NO$:



Складываем полученное уравнение с преобразованным (II):



После сокращения $2NO_2$:



2. Рассчитаем изменение энтропии для этой реакции:

$$\Delta_r S_{298}^\circ = S^\circ(N_2 O_5) - \left[S^\circ(N_2) + \frac{5}{2} S^\circ(O_2) \right]$$

$$\Delta_r S_{298}^\circ = 355,7 - \left(191,6 + \frac{5}{2} \cdot 205,0 \right)$$

$$= 355,7 - (191,6 + 512,5) = 355,7 - 704,1 \\ = -348,4 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$$

$$\Delta_r S_{298}^\circ = -0,3484 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$$

Рассчитаем энергию Гиббса реакции:

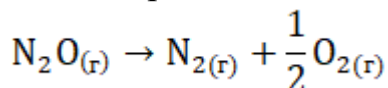
$$\Delta_f G_{298}^\circ = \Delta_f H_{298}^\circ - T \cdot \Delta_f S_{298}^\circ$$

$$\Delta_f G_{298}^\circ = 13,3 - 298 \cdot (-0,3484) = 13,3 + 103,82 \approx 117,1 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta_f G_{298}^\circ > 0$$

что означает термодинамическую неустойчивость $N_2O_{5(g)}$ относительно простых веществ при стандартных условиях. Его образование из N_2 и O_2 самопроизвольно не протекает.

3. Реакция разложения:



$$\Delta H^\circ = \Delta_f H^\circ(N_2) + \frac{1}{2}\Delta_f H^\circ(O_2) - \Delta_f H^\circ(N_2O) = 0 + 0 - 82,1 = -82,1 \text{ кДж}$$

/моль

$$\begin{aligned} \Delta S^\circ &= S^\circ(N_2) + \frac{1}{2}S^\circ(O_2) - S^\circ(N_2O) = 191,6 + \frac{1}{2} \cdot 205,0 - 219,9 \\ &= 74 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} = 0,074 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = -82,1 - 298 \cdot 0,074 = -104,2 \text{ кДж/моль}$$

Константа равновесия:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_p$$

$$\ln K_p = -\frac{\Delta G^\circ}{RT} = -\frac{-104200 \text{ кДж}}{8,314 \cdot 298} \approx 42,1$$

$$K_p = e^{42,1} \approx 2 \cdot 10^{18}$$

Несмотря на то, что константа равновесия разложения N_2O чрезвычайно велика, что указывает на полное смещение равновесия в сторону продуктов, закись азота может длительно существовать при комнатной температуре.

Причины:

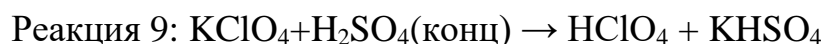
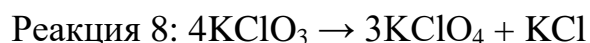
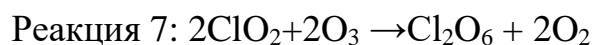
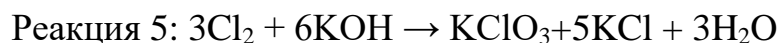
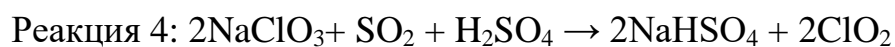
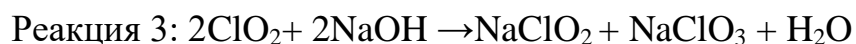
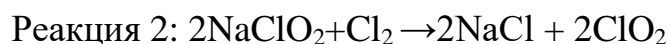
Вследствие особенностей электронного строения молекулы N_2O (содержит тройную связь $N \equiv N^+ - O^-$) и механизма процесса разложения (радикальный или молекулярный, протекают через образование высокоэнергетических промежуточных состояний) реакция имеет большую энергию активации, а, следовательно, низкую скорость при стандартных условиях. На практике разложение N_2O происходит при температуре около 600°C , когда в достаточной степени увеличивается доля молекул, имеющих энергию больше энергетического барьера. Кроме того, при высоких температурах могут происходить альтернативные процессы (диссоциация, реакции с примесями), что также влияет на наблюдаемую картину. Катализаторы (металлы,

- оксиды) снижают энергию активации, обеспечивая ее протекание по альтернативным путям при более низких температурах.
4. $\Delta H^\circ < 0$ и $\Delta S^\circ > 0$, поэтому $\Delta G^\circ < 0$ при всех $T > 0$ К. Реакция не перестает быть термодинамически выгодной ни при какой достижимой температуре.

Задача 5.

Решение:

A	B	C	D	E
Cl ₂	HgCl ₂	Cl ₂ O	ClO ₂	NaClO ₂
F	G	H	I	J
NaClO ₃	KClO ₃	Cl ₂ O ₆	KClO ₄	HClO ₄



ХИМИЯ 10 КЛАСС
КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ
Вариант I

Задача 1.

1. За установление структурных формул соединений **A, B, C, D** по 2 балла – всего **8 баллов**.
2. За написание уравнений реакций димеризации **A**, изомеризации валентных изомеров **C** и **D** в п. 2, а также образования ароматического иона в п. 4 по 2 балла – всего **6 баллов**.
3. За указание того, к какому типу циклов относится продукт димеризации циклобутадиена – **2 балла** (без объяснения – 1 балл).
4. За объяснение повышения устойчивости тетразамещённых циклобутадиенов и отсутствия антиароматичности у оксепина по 2 балла – всего **4 балла**.

Итого: 20 баллов

Задача 2.

1. За установление формул соединений **X, Y, Z, V** по 1,5 балла (без расчетов для **X** и **V** – 0 баллов) – всего **6 баллов**.
2. За написание уравнений реакций по 4 балла – всего **12 баллов**.
3. За определение массы газов **X** и **V**, а также массы трубки после выливания из нее жидкости **Y** по 2 балла – всего **6 баллов**.
4. За хотя бы одну область применения **X** и/или **Y** – **2 балла**.

Итого: 26 баллов

Задача 3.

1. За установление удельной активности калия-40 – **3 балла**.
2. За определение активности радия в навеске орехов – **3 балла**.
3. За установление времени, за которое активность ^{228}Ra в горсти бразильских орехов уменьшится на установленный процент – **3 балла**.
4. За написание схем радиоактивных распадов радия-226, тория-232 и калия-40 по 1 баллу – всего **3 балла**.
5. За написание схем ядерных реакций по 0,5 балла – всего **2 балла**.

Итого: 14 баллов

Задача 4.

Критерии:

1. Верно записана целевая реакция образования N_2O_5 из простых веществ: $N_2(г) + 5/2 O_2(г) \rightarrow N_2O_5$ – **2 балла**
2. Верно составлен план комбинирования исходных уравнений по закону Гесса с логическими пояснениями последовательности действий – **2 балла**
3. Верный численный расчет: $(\Delta_f H^\circ_{298}(N_2O_{5(газ)})) = +13,3$ кДж/моль) – **2 балла**
4. Правильный расчет изменения энтропии реакции: $\Delta_r S^\circ_{298} = S^\circ(N_2O_5) - [S^\circ(N_2) + (5/2)S^\circ(O_2)]$ – **2 балла**
5. Корректное применение формулы $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$ и точный расчет: $\Delta_f G^\circ_{298} = 117,1$ кДж/моль – **3 балла**
6. Обоснованный вывод о термодинамической неустойчивости N_2O_5 при стандартных условиях, основанный на положительном значении ΔG° – **2 балла**
7. Расчёт ΔG° и K_p для реакции разложения и объяснение кинетической стабильности N_2O – **4 балла**.
8. Расчёт температуры изменения знака ΔG – **3 балла**.

Итого: 20 баллов

Задача 5.

Критерии:

1. За верное определение веществ (5 баллов):
А, В, С, D, Е, F, G, H, I, J - по 0,5 балла за каждое – **5 баллов**
2. По 1,5 балла за каждое правильное и уравненное уравнение в цепочке -10 уравнений – **15 баллов**
(Если реакция записана верно, но не уравнена – 1 балл)

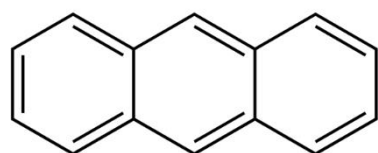
Итого: 20 баллов

Химия. 10 класс. 2 вариант

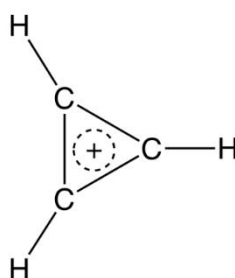
Работа рассчитана на 240 минут

Задача 1. Формула нестабильности

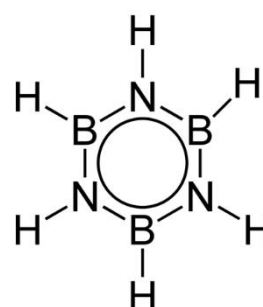
Ароматичность – это квантово-механическое явление, проявляющееся в повышенной термодинамической устойчивости плоских циклических молекул, содержащих сопряжённую систему. Согласно правилу Хюккеля, количество электронов в этой системе должно быть равно $4n+2$, где n – это любое целое неотрицательное число (0, 1, 2, 3 и т.д.), при этом совсем не обязательно, чтобы ароматическое соединение содержало бензольное кольцо. Несколько примеров различных ароматических структур приведены на рисунке ниже:



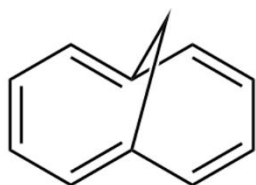
Антрацен



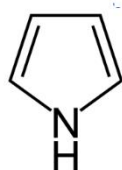
Циклопропильный карбокатион



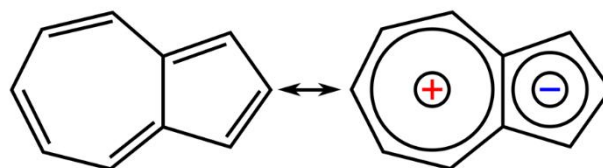
Боразол



1,6-метано[10]аннулен



Пиррол



Азулен (две резонансные структуры)

В то же время, если в молекуле имеется сопряжённая система, содержащая $4n$ электронов, она будет характеризоваться антиароматичностью: низкой термодинамической устойчивостью и чрезвычайно высокой реакционной способностью. К примеру, простейшее незаряженное антиароматическое соединение **A**, ввиду своей неустойчивости, может быть получено лишь при температурах менее 35 К.

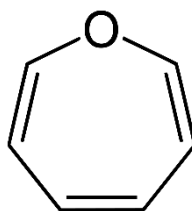
1. При комнатной температуре **A** чрезвычайно быстро димеризуется по механизму $[4+2]$ -циклоприсоединения с образованием соединения **B** (C_8H_8). Установите структурные формулы соединений **A** и **B** и напишите уравнение этой реакции. К какому типу циклов относится **B** – ароматическим, антиароматическим или неароматическим? Объясните свой выбор.

Тетразамещённые производные соединения **A** часто характеризуются гораздо более высокой устойчивостью. Тем не менее в ряде случаев более стабильными оказываются их валентные изомеры: к примеру, тетразамещённое производное соединения **A** – кремнийсодержащее соединение **C** – при длительном облучении при низкой температуре

изомеризуется в более устойчивый изомерный тетракис(триметилсилил)тетраэдран **D**.

2. Установите структурные формулы соединений **C** и **D** и напишите уравнение указанной выше реакции. По какой причине некоторые тетразамещённые производные **A**, содержащие объёмные заместители, обладают повышенной устойчивостью и не подвергаются димеризации при комнатной температуре?

3. Оксепин – это семичленное гетероциклическое соединение, образующееся в организме человека при окислении бензола под действием цитохрома P450 (см. рисунок). По формальным критериям (наличие циклической сопряжённой системы, $4n$ электронов) он должен проявлять антиароматические свойства, однако оксепин является неароматическим. По какой причине? Ответ поясните.

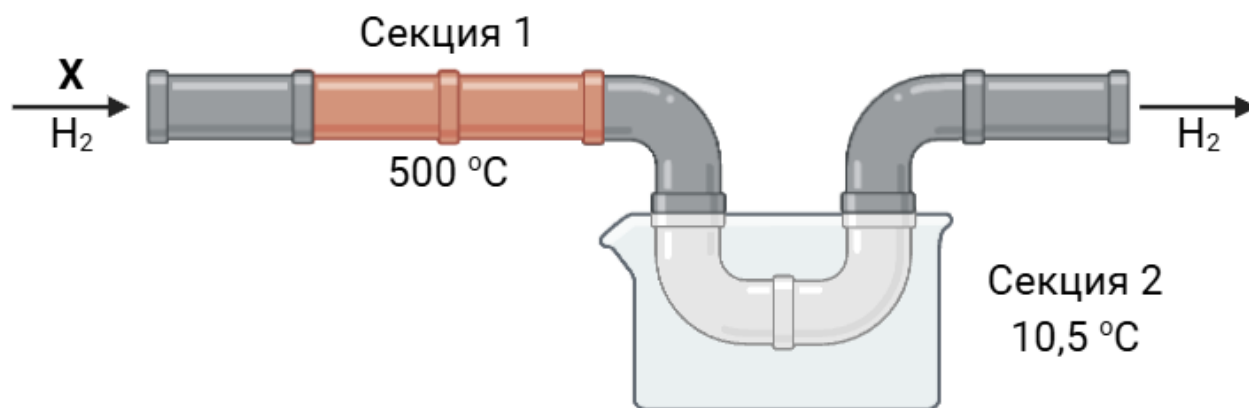


4. Напишите уравнение реакции взаимодействия циклопентадиена-1,3 с одним молем C_4H_9Li . Известно, что в этой реакции циклопентадиен проявляет свойства СН-кислоты.

(20 баллов)

Задача 2. Сантехнические штучки

На рисунке изображено устройство, представляющее собой цинковую трубку с двумя термостатируемыми секциями. В первой секции поддерживается температура $500\text{ }^\circ\text{C}$, а во второй – $10,5\text{ }^\circ\text{C}$.



Через цинковую трубку массой 160 г пропустили пары соединения **X** в токе водорода (носитель), при этом внутри трубки на поверхности первой секции образовался зеркальный металлический слой, во второй секции появилась бесцветная жидкость **Y** объемом $45,44\text{ см}^3$ ($\rho = 1,386\text{ г/см}^3$), а из выходного отверстия трубки вышел только газ-носитель. Образовавшуюся жидкость количественно перенесли (в безвоздушной среде)

в колбу с избытком воды, в результате чего образовался белый осадок **Z** и выделилось 61319,75 мл газа **V** ($P = 0,55$ атм., $t = 37$ °С).

1. Пользуясь справочными данными, установите формулы соединений **X**, **Y**, **Z**, **V**. Ответы подтвердите расчетами

Справочные данные:

– Массовые доли элементов в **X**: $\omega(C) = 17,98$ %; $\omega(Pb) = 77,53$ %; $\omega(H) = 4,49$ %.

– Количество вещества **Y** вдвое больше количества вещества **X**.

2. Напишите уравнения всех протекающих реакций. Процессами рекомбинации радикалов и взаимодействиями с газом-носителем пренебречь.

3. Определите массы газов **X** и **V**, а также массу трубки после выливания из нее жидкости **Y**. Ответы подтвердите расчетами.

4. Предложите области применения соединений **X** и **Y**.

(26 баллов)

Задача 3. Не бойтесь бананов

Радиоактивный распад (радиоактивность) – спонтанное изменение состава или внутреннего строения нестабильных атомных ядер путем испускания элементарных частиц, гамма-квантов и/или ядерных фрагментов.

Ниже вашему вниманию предлагаются небольшие задачи, иллюстрирующие, как тесно мы связаны с явлением радиоактивности.

1. Ни для кого не секрет, что бананы богаты калием. Однако не всем известно, что за счет того, что в состав природного калия входит радиоактивный калий-40, бананы, хотя и незначительно, но все же радиоактивны.

Активность калия-40 в грамме природного калия составляет 32 Бк. Установите удельную активность ^{40}K (в пересчете на 1 кг бананов), если известно, что в банане массой 109,2 г содержится примерно 0,39 г калия.

2. Другим продуктом питания, который известен своей радиоактивностью, является бразильский орех. Основной вклад в их радиоактивность вносят два изотопа радия: радий-226 ($T = 1600$ лет) и радий-228 ($T = 5,75$ лет). Удельная активность ^{226}Ra составляет 49 мБк на 1 г орехов, а ^{228}Ra – 67 мБк/г.

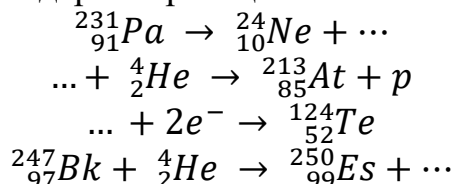
Определите активность радия в 80 г бразильских орехов. Ответ выразите в Бк.

3. Установите, через сколько дней активность ^{228}Ra в горсти бразильских орехов уменьшится на 2 %.

4. Не стоит, однако, думать, что радионуклиды содержатся только в продуктах питания. Существуют и другие проявления естественной радиоактивности, к примеру, космическое излучение, а также излучение окружающих нас вещей. Так, радон-222, радий-226, торий-232 и калий-40 являются основными радионуклидами, определяющими радиоактивность бетона, мрамора, гранита, песка и прочих строительных материалов.

Запишите схемы радиоактивного распада радона-222 и тория-232 (альфа-распад), а также калия-40 (бета-минус-распад).

5. Закончите схемы ядерных реакций:



Обратите внимание: естественная радиоактивность продуктов питания и окружающих нас предметов на порядки ниже предельно допустимых значений. Не бойтесь есть бананы, при умеренном потреблении они очень полезны!

Справочная информация:

Основной закон, определяющий кинетику радиоактивного распада, математически записывается следующим образом:

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t},$$

где N_t – число атомов в момент времени t , N_0 – начальное число атомов, λ – постоянная распада, t – время.

Постоянная распада, в свою очередь, определяется из соотношения:

$$\lambda = 0,693/T,$$

где T – период полураспада.

В более простом виде основной закон радиоактивного распада записывается как:

$$N_t = N_0 \cdot 2^{-t/T}.$$

Для установления числа радиоактивных распадов в единицу времени пользуются понятием *активность радиоактивного источника* (A). Активность измеряется в беккерелях ($1 \text{ Бк} = 1$ распад в секунду) и рассчитывается по вышеописанным уравнениям (за тем исключением, что N_t и N_0 заменяются на A_t и A_0 соответственно).

(14 баллов)

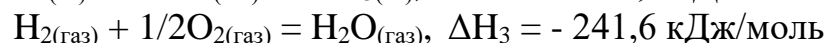
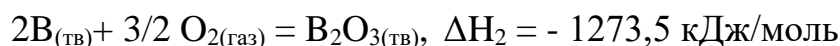
Задание 4. Термодинамический пазл

*«Щепотка солерода, стакан кислоты –
а что получится, решит термодинамика»*
Химический фольклор (приписывается Бертолле)

Как известно, расчет величин термодинамических функций (энтальпии (H), энергии Гиббса (G) и энтропии (S)) позволяет определить направление протекания реакций. Термодинамические свойства бороводородов (гидридов бора) имеют важное значение для химии высокоэнергетических материалов и процессов гидрирования. Однако описание термодинамических равновесий в системе «бор - водород» существенно осложняется многообразием гидридов бора, включающим более 20 соединений.

1. Используя представленные термохимические данные ($T = 298 \text{ K}$), вычислите стандартные **энтальпию** ($\Delta_f H^\circ_{298}(\text{B}_2\text{H}_6(\text{газ}))$) и **энергию Гиббса** ($\Delta_f G^\circ_{298}(\text{B}_2\text{H}_6(\text{газ}))$) образования газообразного B_2H_6 :





$$S^\circ_{298}(\text{В})_{(\text{ТВ})} = 5,9 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$$

$$S^\circ_{298}(\text{H}_2)_{(\text{газ})} = 130,7 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$$

$$S^\circ_{298}(\text{В}_2\text{H}_6)_{(\text{газ})} = 232,1 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$$

2. Сделайте вывод о термодинамической устойчивости этого бороводорода при стандартных условиях относительно простых веществ.

3. Для реакции разложения $\text{В}_2\text{H}_{6(\text{газ})} \rightarrow 2\text{В}_{(\text{ТВ})} + 3\text{H}_{2(\text{газ})}$ рассчитайте константу равновесия K_p при 298 К. Какой вывод можно сделать о самопроизвольности протекания данной реакции?

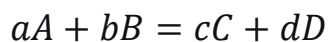
4. Оцените температуру, при которой реакция разложения $(\text{В}_2\text{H}_6)_{(\text{газ})}$ перестает быть термодинамически выгодной.

Справочные данные:

Энтальпия – термодинамическая функция состояния, учитывающая возможность совершения системой механической работы (PV): $H = U + PV$, изменение которой равно тепловому эффекту химической реакции при постоянном давлении, взятому с обратным знаком: $\Delta H = - Q$.

Закон Гесса: Тепловой эффект химической реакции, протекающей при постоянном давлении или постоянном объеме, не зависит от пути реакции, а определяется только состоянием реагентов и продуктов реакции.

Следствие 1 закона Гесса: энтальпия химической реакции равна сумме теплот образования продуктов реакции за вычетом суммы теплот образования исходных веществ:



$$\Delta_r H = c\Delta_f H(C) + d\Delta_f H(D) - a\Delta_f H(A) - b\Delta_f H(B)$$

Связь энергии Гиббса, энтальпии и энтропии: $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$

Связь энергии Гиббса с константой равновесия: $\Delta G^\circ = - RT \ln K_p$, где R – универсальная газовая постоянная $8,314 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$, T – температура в Кельвинах.

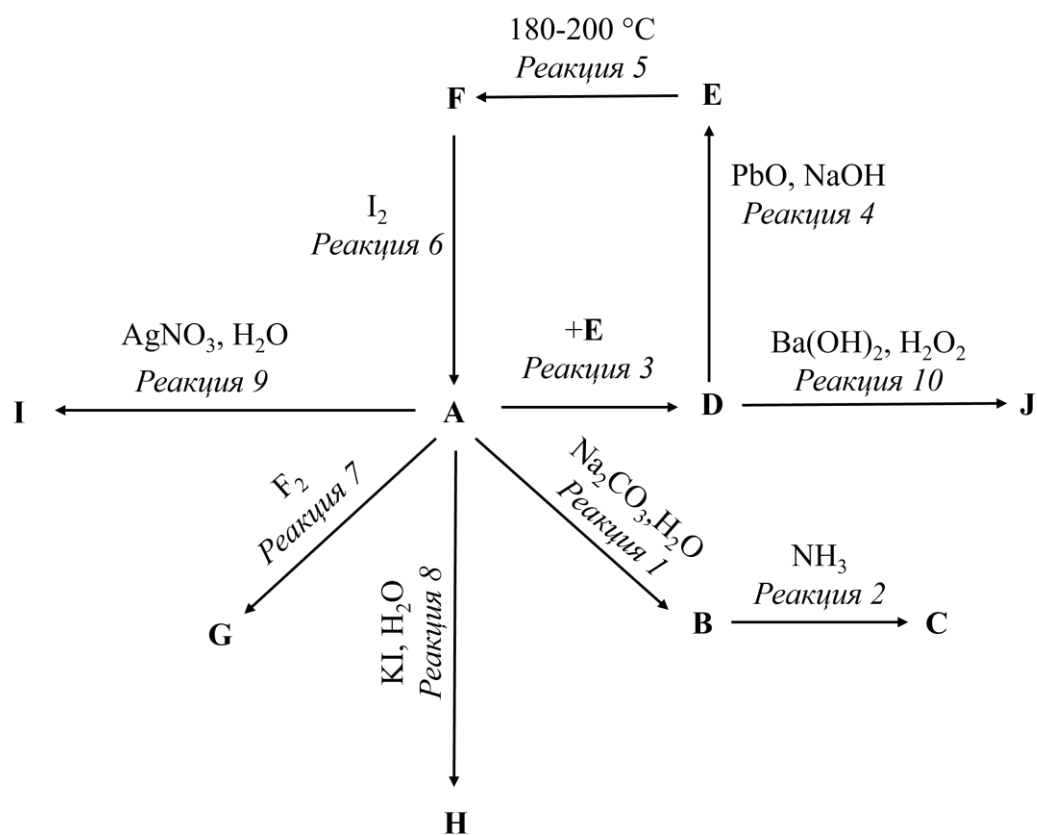
(20 баллов)

Задание 5. Дары элемента X

Соединения элемента X сыграли ключевую роль в развитии цивилизации, обеспечив санитарную безопасность, массовую гигиену и создание важнейших материалов.

Вашему вниманию предлагается схема превращений, в которой все зашифрованные вещества (А-Ж) содержат X (см. таблицу, ω – массовая доля). D ниже 10°C сгущается в жидкость красно-коричневого цвета, в твёрдом виде – тёмно-красные кристаллы, E используется при отбеливании бумаги и обеззараживании воды, F - аналог соли, названной по имени известного французского химика XVIII в., G – при комнатной температуре бесцветный, чрезвычайно ядовитый тяжёлый газ, I – вещество белого цвета, темнеющее на свету, ранее использовавшееся в фотографии. Реакции 1, 5 и 9 – диспропорционирование, а 8 – реакция соединения.

Вещество	Тип	$\omega(\mathbf{X})$, %
A	простое	100
B	бинарное	81,61
D		52,59
G		38,38
I		24,73
C	соль	66,27
E		39,23
F		33,34
H	комплексная соль, дигидрат	41,28
J	соль	26,07



1. Установите соединения **A–J**.
2. Напишите все приведённые на схеме уравнения реакций.

(20 баллов)

Периодическая система химических элементов

1																	18							
1	H 1 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 2 4,0026 0 Гелий Helium						
2	Li 3 6,94 +1 Литий Lithium	Be 4 9,0122 +2 Бериллий Beryllium																	B 5 10,81 +3 Бор Boron	C 6 12,011 +4 Углерод Carbon	N 7 14,007 -3 +5 Азот Nitrogen	O 8 15,999 -2 Кислород Oxygen	F 9 18,998 -1 Фтор Fluorine	Ne 10 20,1798 0 Неон Neon
3	Na 11 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 12 24,305 +2 Магний Magnesium																	Al 13 26,9815 +3 Алюминий Aluminium	Si 14 28,085 +4 Кремний Silicon	P 15 30,9738 +5 Фосфор Phosphorus	S 16 32,06 +6 Сера Sulfur	Cl 17 35,45 -1 Хлор Chlorine	Ar 18 39,95 0 Аргон Argon
4	K 19 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 20 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 21 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 22 47,867 +4 Титан Titanium	V 23 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 24 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 25 54,938 +2 +4 Марганец Manganese	Fe 26 55,845 +3 Железо Iron	Co 27 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 28 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 29 63,546 +2 Медь Copper	Zn 30 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 31 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 32 72,63 +4 Германий Germanium	As 33 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 34 78,971 +4 Селен Selenium	Br 35 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 36 83,798 0 +2 Криптон Krypton						
5	Rb 37 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 38 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 39 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 40 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 41 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 42 95,95 +4 +6 Молибден Molybdenum	Tc 43 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 44 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 45 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 46 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 47 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 48 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 49 114,818 +3 Индий Indium	Sn 50 118,71 +4 Олово Tin	Sb 51 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 52 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 53 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 54 131,293 0 +6 Ксенон Xenon						
6	Cs 55 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 56 137,327 +2 Барий Barium	La 57 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 72 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 73 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 74 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 75 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 76 190,23 +4 +8 Осмий Osmium	Ir 77 192,217 +4 Иридий Iridium	Pt 78 195,084 +2 Платина Platinum	Au 79 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 80 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 81 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 82 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 83 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 84 208,9824 +4 Полоний Polonium	At 85 [210] -1 Астат Astatine	Rn 86 [222] 0 +2 Радон Radon						
7	Fr 87 [223] +1 Франций Francium	Ra 88 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 89 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf 104 [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db 105 [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg 106 [269] (+6) Сиборгий Seaborgium	Bh 107 [270] (+7) Борий Bohrium	Hs 108 [269] (+8) Хассий Hassium	Mt 109 [278] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn 112 [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh 113 [286] ? Нихоний Nihonium	Fl 114 [290] ? Флеровий Flerovium	Mc 115 [290] ? Московский Moscovium	Lv 116 [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts 117 [294] ? Теннессин Tennessine	Og 118 [294] ? Оганесон Oganesson						
				Ce 58 140,116 +3 +4 Церий Cerium	Pr 59 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 60 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm 61 [145] +3 Прометий Promethium	Sm 62 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 63 151,964 +3 Европий Europium	Gd 64 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 66 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 68 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 69 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 70 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 71 174,9668 +3 Лютеций Lutetium							
				Th 90 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 91 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 92 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 93 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu 94 [244] +3 +4 Плутоний Plutonium	Am 95 [243] +3 Америций Americium	Cm 96 [247] +3 Кюрий Curium	Bk 97 [247] +3 Берклий Berkelium	Cf 98 [251] +3 Калифорний Californium	Es 99 [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 [257] +3 Фермий Fermium	Md 101 [258] +3 Менделевий Mendelevium	No 102 [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr 103 [266] +3 Лоуренсий Lawrencium							

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	–	–	H	H	H
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	–	H	P	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?
S ²⁻	P	P	P	P	P	–	–	–	H	–	–	H	–	H	H	H	H	H	H	H
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	–	H	?	?	M	H	H	H	?	?
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	–	H	P	P
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	–	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	–	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	–	?	?
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	–	H	H	H	H	H	?	H
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	P	?	?
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P	P	–	P	P	P	P	P	–	P
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«–» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au →

активность металлов уменьшается →

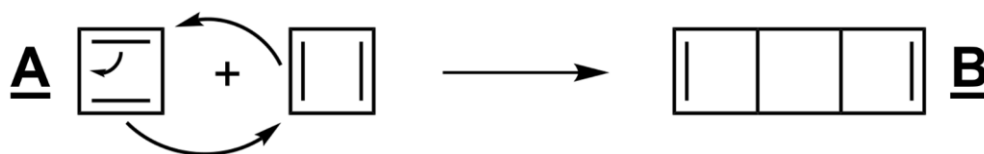
ХИМИЯ 10 КЛАСС

Вариант II ответы

Задача 1.

1) Простейшее антиароматическое соединение **A** – это циклобутadiен. Он содержит плоскую циклическую сопряжённую систему, в которой делокализовано 4 π -электрона ($4n$ при $n = 1$). Это также подтверждается брутто-формулой димера **B** (C_8H_8), исходя из которой **A** должна соответствовать формула C_4H_4 .

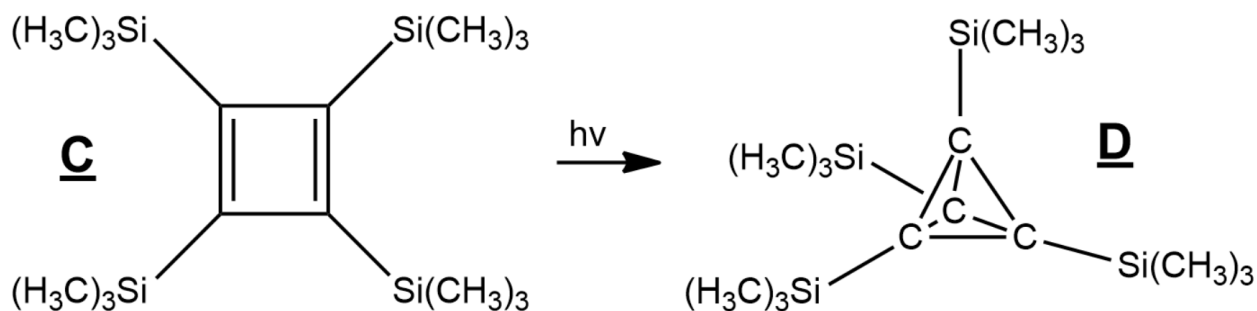
При димеризации циклобутadiена одна молекула последнего выступает в роли сопряжённого диена, в то время как вторая – в роли диенофила; структура димера **B** содержит три четырёхчленных цикла:



Поскольку **B** не содержит сопряжённую систему, а также в его состав входят четыре sp^3 -гибридных атома углерода, геометрия которых стремится к тетраэдрической, оно не может быть ни ароматическим, ни антиароматическим (является неароматическим).

(8 баллов)

Логично предположить, что тетразамещённое производное циклобутadiена **C**, подвергающееся фотоизомеризации с образованием тетракис(триметилсилил)тетраэдрана **D**, будет содержать те же четыре заместителя. Таким образом, **C** – это тетракис(триметилсилил)циклобутadiен:

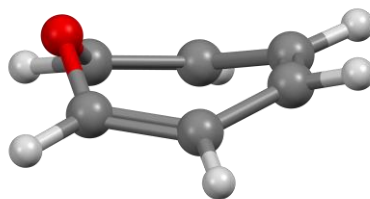


Тетразамещённые производные циклобутadiена, содержащие объёмные заместители, характеризуются более высокой устойчивостью к димеризации вследствие стерических препятствий, затрудняющих “подход”

двух молекул циклобутана друг к другу. Кроме того, заместители могут обеспечивать дополнительную электронную стабилизацию за счёт гиперконъюгации, однако стерические препятствия являются доминирующим фактором. *Указание гиперконъюгации в качестве стабилизирующего фактора не оценивается при решении задачи.*

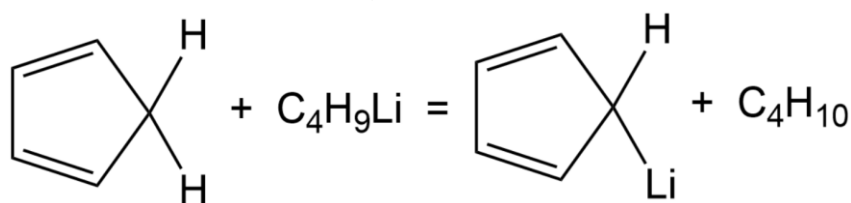
(8 баллов)

3) Оксепин не является антиароматическим, поскольку принимает конформацию “ванна”, что приводит к нарушению сопряжения. В результате оксепин проявляет свойства неароматического непредельного соединения, а также относительно легко образуется при окислении бензола в организме человека. *Изображение наиболее устойчивой конформации оксепина не оценивается при решении задачи.*



(2 балла)

4) При взаимодействии циклопентадиена с бутиллитием последний, будучи основанием Брёнстеда, отщепляет протон от CH_2 -фрагмента кольца, что приводит к образованию ароматического циклопентадиенильного аниона, содержащего сопряжённую систему из 6 π -электронов. *В решении допускается изображение любой корректной резонансной структуры продукта (включая резонансный гибрид), а также любой корректный тип связи C-Li (ковалентная или ионная).*



(2 балла)

По материалам из статей:

<https://doi.org/10.1021/ja00789a088>

<https://doi.org/10.1002/anie.197805201>

<https://doi.org/10.1021/ja020863n>

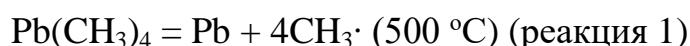
Задача 2.

Первым делом определимся с формулой **X**. Основываясь на справочных данных, установим простейшую формулу **X**. Пусть для удобства расчетов масса **X** равна 100 г, тогда $m(\text{Pb}) = 77,53$ г; $m(\text{C}) = 17,98$ г; $m(\text{H}) = 4,49$ г. Отсюда $n(\text{Pb}) = 77,53/207 = 0,3745$ моль; $n(\text{C}) = 17,98/12 = 1,4983$ моль; $n(\text{H}) = 4,49/1 = 4,49$ моль.

$$\begin{aligned} n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{Pb}) \\ 1,4983:4,49:0,3745 \\ 4:12:1 \\ \text{C}_4\text{H}_{12}\text{Pb} \end{aligned}$$

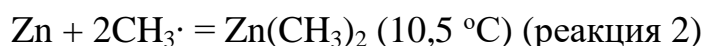
Поскольку нагревание **X** до 500 °С приводит к образованию зеркального металлического слоя на поверхности трубки, вполне разумно предполагать, что металл, формирующий этот слой – свинец, а протекающая реакция (в качестве атмосферы в условиях указан только водород) – реакция разложения. Оставшиеся два элемента, входящие в состав **X**, углерод и водород, предположительно могут быть в составе радикалов (в вопросе 2 упоминается об отсутствии процессов рекомбинации) и, судя по количеству С и Н, – метильных.

Таким образом, **X** – $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$



(5,5 балла)

Метильные радикалы, направляемые газом-носителем в охлаждаемую вторую секцию, реагируют с материалом трубки, формируя жидкость **Y**, представляющую собой диметилцинк, $\text{Zn}(\text{CH}_3)_2$.



(5,5 балла)

Y затем растворяют в избытке воды без доступа кислорода, в результате чего образуются осадок **Z** и газ **V**. Очевидно, что белый осадок **Z** – $\text{Zn}(\text{OH})_2$. Определимся с составом газа **V**. Масса **Y** равна $45,44 \text{ см}^3 \cdot 1,386 \text{ г/см}^3 = 62,98$ г. $n(\text{Y}) = 62,98/95 = 0,663$ моль.

По уравнению Менделеева-Клапейрона определим количество вещества газа **V**.

$$PV = nRT$$

$$0,55 * 101325 * 61319,75 * 10^{-6} = n * 8,314 * (273 + 37)$$

$$n(\mathbf{V}) = 1,326 \text{ моль}$$

Тогда $n(\text{Zn}(\text{CH}_3)_2)/n(\mathbf{V}) = 1/2$. Отсюда, учитывая, что осадок представляет собой гидроксид цинка, **V** – углеродсодержащий газ. Учитывая стехиометрию и отсутствие процессов рекомбинации, единственно возможной реакцией в данных условиях будет:



Отсюда **V** – метан. А масса **V** равна $1,326 * 16 = 21,216$ г.

(9 баллов)

Найдем массу **X**. Учитывая стехиометрию протекающих реакций, несложно заметить, что $n(\text{Pb}(\text{CH}_3)_4)$ относится к $n(\text{Zn}(\text{CH}_3)_2)$ как 1:2. Тогда $n(\text{Pb}(\text{CH}_3)_4) = 0,663/2 = 0,3315$ моль. Масса **X** в этом случае равна $0,3315 * 267 = 88,51$ г.

Найдем массу трубки после выливания из нее жидкости **Y**: $m(\text{Pb}(\text{CH}_3)_4) + m(\text{Zn}) - m(\text{Zn}(\text{CH}_3)_2) = 88,51 + 160 - 62,98 = 185,53$ г.

(4 балла)

Области применения **X** – инициация радикальных реакций, антидетонатор для бензинового топлива и др.

Области применения **Y** – инициация радикальных реакций, ускорение вулканизации каучука, оргсинтез (метилирующий агент) и др.

(2 балла)

Задача 3.

1) Поскольку в банане массой 109,2 г содержится 0,39 г калия, то в 1 кг бананов содержится 3,57 г калия. Так как активность 1 г природного калия составляет 32 Бк, то активность в случае 3,57 г составляет 114 Бк. Тогда удельная активность равна 114 Бк/кг.

(3 балла)

2) Так как активность радия-226 и радия-228 в 1 грамме орехов равна 49 мБк и 67 мБк, то суммарная активность радия равна 116 мБк. В навеске 80 г активность равна 9,28 Бк.

(3 балла)

3) Используем уравнение основного закона радиоактивного распада:

$$A_t = A_0 \cdot 2^{-t/T}$$

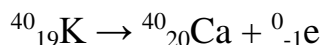
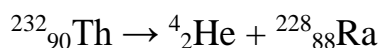
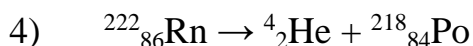
$$A_t/A_0 = 2^{-t/T}$$

$$0,99 = 2^{-t/5,75}$$

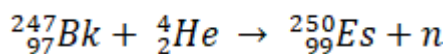
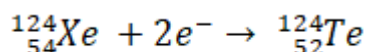
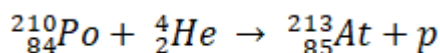
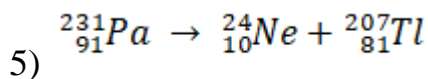
$$\ln(0,98) = -\ln(2) \cdot t/5,75$$

$$t = 0,1676 \text{ лет} = 61,17 \text{ дней}$$

(3 балла)



(3 балла)

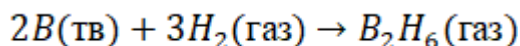


(2 балла)

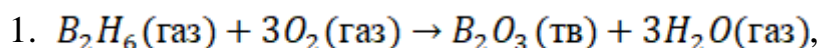
Задача 4.

Решение:

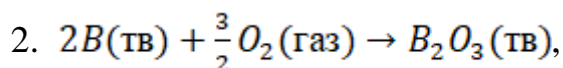
1. Вычисление стандартной энтальпии образования $\Delta_f H^\circ_{298}(B_2H_6(\text{газ}))$
Целевая реакция образования диборана из простых веществ:



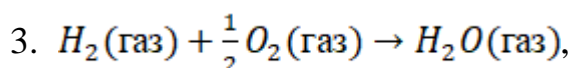
Данные реакции:



$$\Delta H_1 = -2035,6 \text{ кДж/моль}$$



$$\Delta H_2 = -1273,5 \text{ кДж/моль}$$



$$\Delta H_3 = -241,6 \text{ кДж/моль}$$

Необходимо скомбинировать уравнения так, чтобы B_2O_3 и H_2O сократились, а в остатке получилась целевая реакция. Для этого:

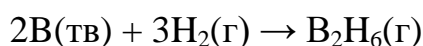
1. Используем реакцию (2) для получения B_2O_3 из элементов.
2. Используем утроенную реакцию (3) для получения $3H_2O$ из водорода.
3. Вычтем реакцию (1), чтобы убрать B_2O_3 и H_2O и получить B_2H_6 .

Алгебраически это выражается как:

$$\Delta_f H^\circ(B_2H_6) = \Delta H_2 + 3 \times \Delta H_3 - \Delta H_1 = (-1273,5) + (-724,8) - (-2035,6) =$$

37,3 кДж/моль

2. Рассчитываем изменение энтропии для реакции образования:



$$\Delta S^\circ = S^\circ(B_2H_6) - [2 \cdot S^\circ(B) + 3 \cdot S^\circ(H_2)]$$

$$\Delta S^\circ = 232,1 - [2 \cdot 5,9 + 3 \cdot 130,7] = 232,1 - [11,8 + 392,1]$$

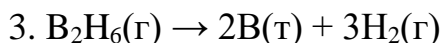
$$\Delta S^\circ = 232,1 - 403,9 = -171,8 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} = -0,1718 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$$

Расчёт ΔG° :

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \cdot \Delta S^\circ$$

$$\Delta G^\circ = 37,3 - 298 \cdot (-0,1718) = 37,3 + 51,2 = +88,5 \text{ кДж/моль}$$

Поскольку $\Delta G^\circ_{298}(\text{B}_2\text{H}_6) \gg 0$, диборан термодинамически неустойчив относительно распада на простые вещества (бор и водород) при стандартных условиях (298 К, 1 атм). Его образование из элементов не является самопроизвольным процессом.



Эта реакция является обратной реакции образования, поэтому:

$$\Delta G^\circ_{\text{разл}} = -\Delta G^\circ_{\text{обр}} = -88,5 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{разл}} = -\Delta H^\circ_{\text{обр}} = -37,3 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta S^\circ_{\text{разл}} = -\Delta S^\circ_{\text{обр}} = +171,8 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$$

Расчёт K_p :

$$\text{Уравнение: } \Delta G^\circ = -RT \ln K_p$$

$$R = 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} = 0,008314 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}, T = 298 \text{ К}$$

$$\ln K_p = -\Delta G^\circ / (RT) = -(-88,5) / (0,008314 \cdot 298) = 88,5 / 2,477 \approx 35,73$$

$$K_p = e^{35,73} \approx 3,0 \times 10^{15}$$

Константа равновесия K_p чрезвычайно велика, что означает полное смещение равновесия в сторону разложения диборана на бор и водород. Причина его существования при комнатной температуре кинетическая. Реакция разложения имеет высокий энергетический барьер (значительную энергию активации), поэтому в отсутствие катализаторов, нагревания или инициаторов процесс разложения идёт очень медленно. Однако диборан химически очень активен и бурно реагирует с кислородом, водой и другими веществами.

4. Условие термодинамической выгодности: $\Delta G^\circ_{\text{разл}} < 0$.

Для реакции разложения: $\Delta H^\circ_{\text{разл}} < 0$ (процесс экзотермический)

$\Delta S^\circ_{\text{разл}} > 0$ (энтропия возрастает)

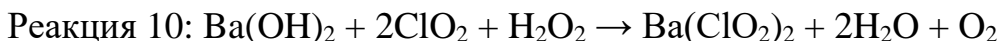
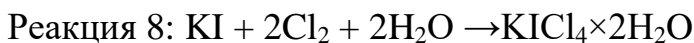
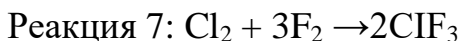
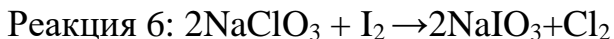
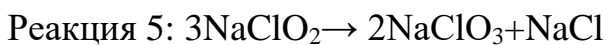
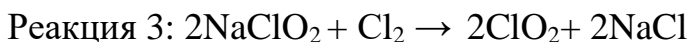
Оба фактора благоприятствуют протеканию реакции разложения. Следовательно, разложение диборана на элементы термодинамически выгодно при любой температуре выше абсолютного нуля. Несмотря на термодинамическую предопределённость, реальная скорость разложения определяется кинетикой. Для инициирования разложения

требуется преодолеть энергетический барьер. На практике даже небольшой нагрев, воздействие света, наличие каталитических примесей или поверхностей резко снижают этот барьер, делая разложение быстрым и часто неконтролируемым. Именно поэтому диборан считается соединением, опасным в обращении, и его реакции часто протекают очень бурно.

Задача 5.

Решение:

A	B	C	D	E
Cl ₂	Cl ₂ O	NH ₄ Cl	ClO ₂	NaClO ₂
F	G	H	I	J
NaClO ₃	ClF ₃	KClCl ₄ ×2H ₂ O	AgCl	Ba(ClO ₂) ₂



ХИМИЯ 10 КЛАСС
КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ
Вариант II

Задача 1.

1. За установление структурных формул соединений **A, B, C, D** по 2 балла – всего **8 баллов**.
2. За написание уравнений реакций димеризации **A**, изомеризации валентных изомеров **C** и **D** в п. 2, а также образования ароматического иона в п. 4 по 2 балла – всего **6 баллов**.
3. За указание того, к какому типу циклов относится продукт димеризации циклобутадиена – **2 балла** (без объяснения – 1 балл).
4. За объяснение повышения устойчивости тетразамещённых циклобутадиенов и отсутствия антиароматичности у оксепина по 2 балла – всего **4 балла**.

Итого: 20 баллов

Задача 2.

1. За установление формул соединений **X, Y, Z, V** по 1,5 балла (без расчетов для **X** и **V** – 0 баллов) – всего **6 баллов**.
2. За написание уравнений реакций по 4 балла – всего **12 баллов**.
3. За определение массы газов **X** и **V**, а также массы трубки после выливания из нее жидкости **Y** по 2 балла – всего **6 баллов**.
4. За хотя бы одну область применения **X** и/или **Y** – **2 балла**.

Итого: 26 баллов

Задача 3.

1. За установление удельной активности калия-40 – **3 балла**.
2. За определение активности радия в навеске орехов – **3 балла**.
3. За установление времени, за которое активность ^{228}Ra в горсти бразильских орехов уменьшится на установленный процент – **3 балла**.
4. За написание схем радиоактивных распадов радия-226, тория-232 и калия-40 по 1 баллу – всего **3 балла**.
5. За написание схем ядерных реакций по 0,5 балла – всего **2 балла**.

Итого: 14 баллов

Задача 4.

Критерии:

1. Верно записана целевая реакция образования B_2H_6 из простых веществ: $2B(тв) + 3H_2(г) \rightarrow B_2H_6(г)$ – **2 балла**
2. Верно составлен план комбинирования исходных уравнений по закону Гесса с логическими пояснениями последовательности действий – **2 балла**
3. Верный численный расчет: $\Delta_f H^\circ_{298}(B_2H_6(г)) = +37,3$ кДж/моль – **2 балла**
4. Правильный расчет изменения энтропии реакции: $\Delta S^\circ = S^\circ(B_2H_6) - [2 \cdot S^\circ(B) + 3 \cdot S^\circ(H_2)]$ – **2 балла**
5. Корректное применение формулы $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$ и точный расчет: $\Delta_f G^\circ_{298}(B_2H_6(г)) = +88,5$ кДж/моль – **3 балла**
6. Обоснованный вывод о термодинамической неустойчивости B_2H_6 при стандартных условиях, основанный на положительном значении ΔG° – **2 балла**
7. Расчёт ΔG° и K_p для реакции разложения и объяснение кинетической стабильности B_2H_6 – **4 балла**
8. Расчёт температуры изменения знака ΔG – **3 балла**.

Итого: 20 баллов

Задача 5.

Критерии:

1. За верное определение веществ (5 баллов):
А, В, С, D, E, F, G, H, I, J — по 0,5 балла за каждое – **5 баллов**
2. По 1,5 балла за каждое правильное и уравненное уравнение в цепочке -10 уравнений – **15 баллов**
(Если реакция записана верно, но не уравнена – 1 балл)

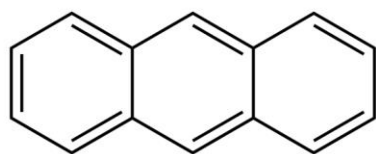
Итого: 20 баллов

Химия. 10 класс. 3 вариант

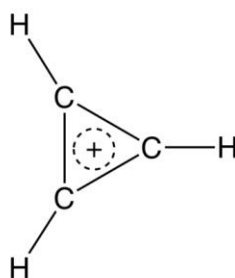
Работа рассчитана на 240 минут.

Задача 1. «Формула нестабильности»

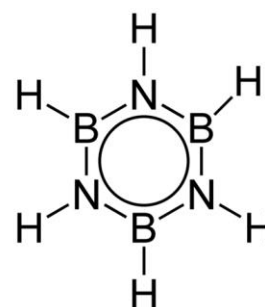
Ароматичность – это квантово-механическое явление, проявляющееся в повышенной термодинамической устойчивости плоских циклических молекул, содержащих сопряжённую систему. Согласно правилу Хюккеля, количество электронов в этой системе должно быть равно $4n+2$, где n – это любое целое неотрицательное число (0, 1, 2, 3 и т.д.), при этом совсем не обязательно, чтобы ароматическое соединение содержало бензольное кольцо. Несколько примеров различных ароматических структур приведены на рисунке ниже:



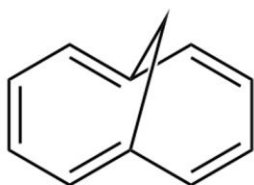
Антрацен



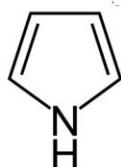
Циклопропенильный карбокатион



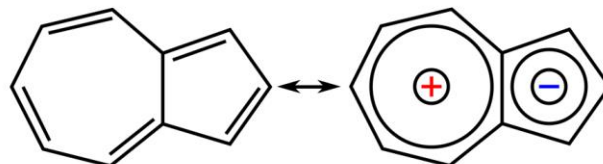
Боразол



1,6-метано[10]аннулен



Пиррол



Азулен (две резонансные структуры)

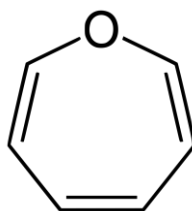
В то же время, если в молекуле имеется сопряжённая система, содержащая $4n$ электронов, она будет характеризоваться антиароматичностью: низкой термодинамической устойчивостью и чрезвычайно высокой реакционной способностью. К примеру, простейшее незаряженное антиароматическое соединение **A**, ввиду своей неустойчивости, может быть получено лишь при температурах менее 35 К.

1. При комнатной температуре **A** чрезвычайно быстро димеризуется по механизму [4+2]-циклоприсоединения с образованием соединения **B** (C_8H_8). Установите структурные формулы соединений **A** и **B** и напишите уравнение этой реакции. К какому типу циклов относится **B** – ароматическим, антиароматическим или неароматическим? Объясните свой выбор.

Тетразамещённые производные соединения **A** часто характеризуются гораздо более высокой устойчивостью. Одно из таких соединений – углеводород **C** – может быть получено при нагревании тетра-трет-бутилтетраэдрана **D** – валентного изомера **C** – до 130 °С.

2. Установите структурные формулы соединений **C** и **D** и напишите уравнение указанной выше реакции. По какой причине многие тетразамещённые производные **A**, содержащие объёмные заместители, обладают повышенной устойчивостью и не подвергаются димеризации при комнатной температуре?

3. Оксепин – это семичленное гетероциклическое соединение, образующееся в организме человека при окислении бензола под действием цитохрома P450 (см. рисунок). По формальным критериям (наличие циклической сопряжённой системы, $4n$ электронов) он должен проявлять антиароматические свойства, однако оксепин является неароматическим. По какой причине? Ответ поясните.

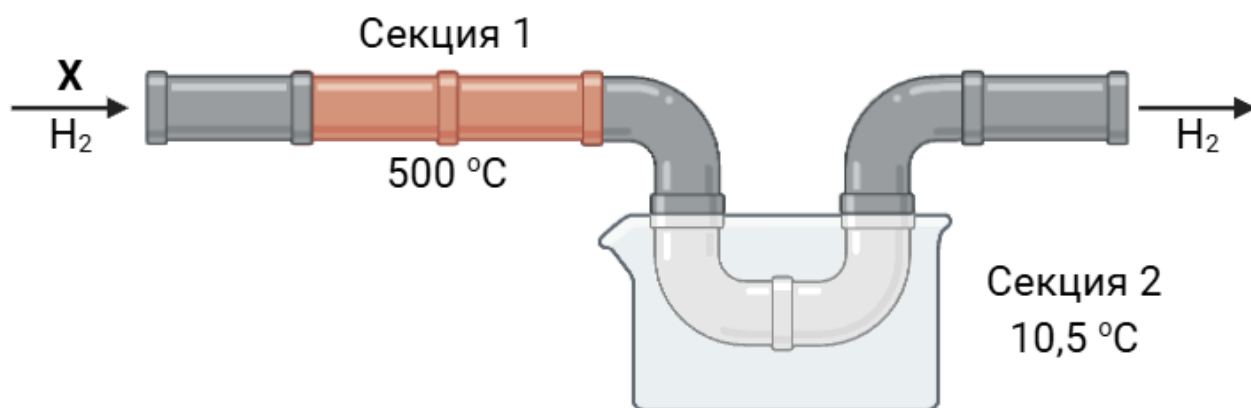


4. Напишите уравнение реакции взаимодействия циклогептатриена-1,3,5 с $(C_6H_5)_3COH$ (трифенилметанолом) в присутствии BF_4 . Известно, что одной из стадий этой реакции является перенос гидрид-аниона.

(20 баллов)

Задача 2. “Сантехнические штучки”

На рисунке изображено устройство, представляющее собой цинковую трубку с двумя термостатируемыми секциями. В первой секции поддерживается температура $500\text{ }^\circ\text{C}$, а во второй – $10,5\text{ }^\circ\text{C}$.



Через цинковую трубку массой 228 г пропустили пары соединения **X** в токе водорода (носитель), при этом внутри трубки на поверхности первой секции образовался зеркальный металлический слой, во второй секции

появилась бесцветная жидкость **Y** объемом $12,34 \text{ см}^3$ ($\rho = 1,386 \text{ г/см}^3$), а из выходного отверстия трубки вышел только газ-носитель. Образовавшуюся жидкость количественно перенесли (в безвоздушной среде) в колбу с избытком воды, в результате чего образовался белый осадок **Z** и выделилось 40584 мл газа **V** ($P = 0,23 \text{ атм.}$, $t = 43 \text{ }^\circ\text{C}$).

1. Пользуясь справочными данными, установите формулы соединений **X**, **Y**, **Z**, **V**. Ответы подтвердите расчетами

Справочные данные:

- Массовые доли элементов в **X**: $\omega(\text{C}) = 17,98 \%$; $\omega(\text{Pb}) = 77,53 \%$;
 $\omega(\text{H}) = 4,49 \%$.

- Количество вещества **Y** вдвое больше количества вещества **X**.

2. Напишите уравнения всех протекающих реакций. Процессами рекомбинации радикалов и взаимодействиями с газом-носителем пренебречь.

3. Определите массы газов **X** и **V**, а также массу трубки после выливания из нее жидкости **Y**. Ответы подтвердите расчетами.

4. Предложите области применения соединений **X** и **Y**.

(26 баллов)

Задача 3. “Не бойтесь бананов”

Радиоактивный распад (радиоактивность) – спонтанное изменение состава или внутреннего строения нестабильных атомных ядер путем испускания элементарных частиц, гамма-квантов и/или ядерных фрагментов.

Ниже вашему вниманию предлагаются небольшие задачи, иллюстрирующие, как тесно мы связаны с явлением радиоактивности.

1. Ни для кого не секрет, что бананы богаты калием. Однако не всем известно, что за счет того, что в состав природного калия входит радиоактивный калий-40, бананы, хотя и незначительно, но все же радиоактивны.

Активность калия-40 в грамме природного калия составляет 32 Бк. Установите удельную активность ^{40}K (в пересчете на 1 кг бананов), если известно, что в банане массой 159,6 г содержится примерно 0,57 г калия.

2. Другим продуктом питания, который известен своей радиоактивностью, является бразильский орех. Основной вклад в их радиоактивность вносят два изотопа радия: радий-226 ($T = 1600$ лет) и радий-228 ($T = 5,75$ лет). Удельная активность ^{226}Ra составляет 49 мБк на 1 г орехов, а ^{228}Ra – 67 мБк/г.

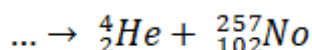
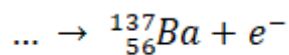
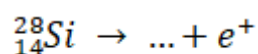
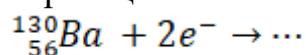
Определите активность радия в 30 г бразильских орехов. Ответ выразите в Бк.

3. Установите, через сколько дней активность ^{228}Ra в горсти бразильских орехов уменьшится на 2,5 %.

4. Не стоит, однако, думать, что радионуклиды содержатся только в продуктах питания. Существуют и другие проявления естественной радиоактивности, к примеру, космическое излучение, а также излучение окружающих нас вещей. Так, радон-222, радий-226, торий-232 и калий-40 являются основными радионуклидами, определяющими радиоактивность бетона, мрамора, гранита, песка и прочих строительных материалов.

Запишите схемы радиоактивного распада радона-222 и тория-232 (альфа-распад), а также калия-40 (бета-минус-распад).

5. Закончите схемы ядерных реакций:



Обратите внимание: естественная радиоактивность продуктов питания и окружающих нас предметов на порядки ниже предельно допустимых значений. Не бойтесь есть бананы, при умеренном потреблении они очень полезны!

Справочная информация:

Основной закон, определяющий кинетику радиоактивного распада, математически записывается следующим образом:

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t},$$

где N_t – число атомов в момент времени t , N_0 – начальное число атомов, λ – постоянная распада, t – время.

Постоянная распада, в свою очередь, определяется из соотношения:

$$\lambda = 0,693/T,$$

где T – период полураспада.

В более простом виде основной закон радиоактивного распада записывается как:

$$N_t = N_0 \cdot 2^{-t/T}.$$

Для установления числа радиоактивных распадов в единицу времени пользуются понятием *активность радиоактивного источника* (A). Активность измеряется в беккерелях (1 Бк = 1 распад в секунду) и рассчитывается по вышеописанным уравнениям (за тем исключением, что N_t и N_0 заменяются на A_t и A_0 соответственно).

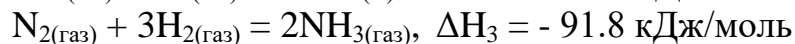
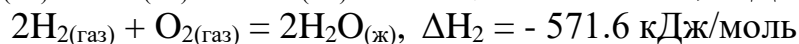
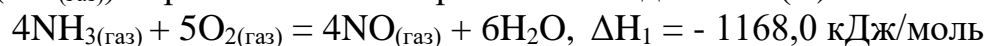
(14 баллов)

Задание 4. Термодинамический пазл

*«Щепотка солерода, стакан кислоты -
а что получится, решит термодинамика.»*
Химический фольклор (приписывается Бертолле)

Как известно, расчет величин термодинамических функций (энтальпии (H), энергии Гиббса (G) и энтропии (S)) позволяет определить направление протекания реакций. В случае оксидов азота это имеет важное значение для исследования химии атмосферы и процессов горения. Однако наблюдаемое многообразие оксидов азота, включающее по меньшей мере пять устойчивых молекулярных соединений и ряд метастабильных и радикальных форм, существенно осложняет описание термодинамических равновесий в системе «азот — кислород».

1. Используя представленные ниже термодинамические данные ($T = 298 \text{ K}$), вычислите стандартные энтальпию ($\Delta_f H^\circ_{298}(\text{NO}_{(\text{газ})})$) и энергию Гиббса ($\Delta_f G^\circ_{298}(\text{NO}_{(\text{газ})})$) образования газообразного оксида азота (II):



$$S^\circ_{298}(\text{N}_{2(\text{газ})}) = 191,6 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$S^\circ_{298}(\text{O}_{2(\text{газ})}) = 205,0 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$S^\circ_{298}(\text{NO}_{(\text{газ})}) = 210,8 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$S^\circ_{298}(\text{NO}_{2(\text{газ})}) = 240,1 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$S^\circ_{298}(\text{N}_2\text{O}_{5(\text{газ})}) = 355,7 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$S^\circ_{298}(\text{N}_2\text{O}) = 219,9 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$\Delta_f H^\circ_{298}(\text{N}_2\text{O}) = 82,1 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta_f H^\circ_{298}(\text{NO}_2) = 34,2 \text{ кДж/моль}$$

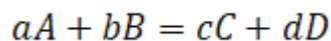
2. Сделайте вывод о термодинамической устойчивости этого оксида при стандартных условиях:
3. Для реакции разложения $\text{NO}_{2(\text{газ})} \rightarrow \text{NO}_{(\text{газ})} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(\text{газ})}$ рассчитайте константу равновесия K_p при 298 K. Какой вывод можно сделать о самопроизвольности протекания данной реакции?
4. Оцените температуру, при которой реакция разложения $\text{NO}_{2(\text{газ})}$ перестает быть термодинамически выгодной.

Справочные данные:

Энтальпия – термодинамическая функция состояния, учитывающая возможность совершения системой механической работы (PV): $H = U + PV$, изменение которой равно тепловому эффекту химической реакции при постоянном давлении, взятому с обратным знаком: $\Delta H = -Q$.

Закон Гесса: Тепловой эффект химической реакции, протекающей при постоянном давлении или постоянном объеме, не зависит от пути реакции, а определяется только состоянием реагентов и продуктов реакции.

Следствие 1 закона Гесса: энтальпия химической реакции равна сумме теплот образования продуктов реакции за вычетом суммы теплот образования исходных веществ:



$$\Delta_r H = c\Delta_f H(C) + d\Delta_f H(D) - a\Delta_f H(A) - b\Delta_f H(B)$$

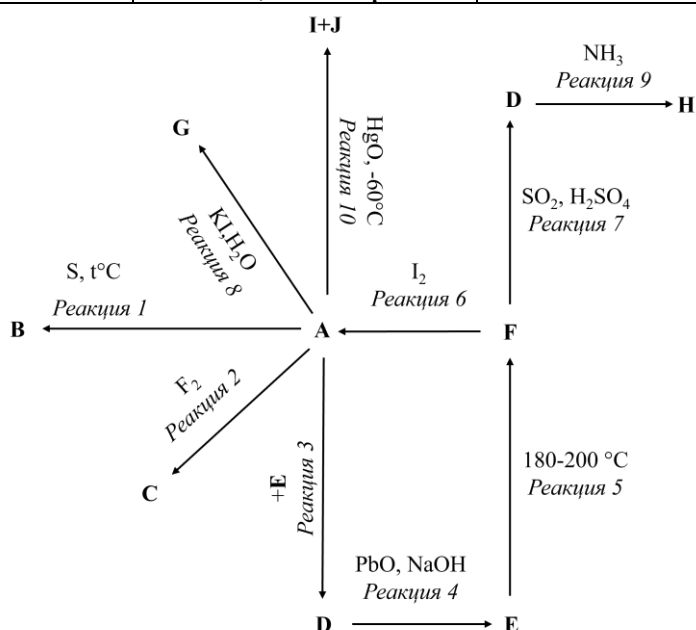
Связь энергии Гиббса, энтальпии и энтропии: $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$
Связь энергии Гиббса с константой равновесия: $\Delta G^\circ = -RT \ln K_p$, где R – универсальная газовая постоянная $8,314 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, T – температура в Кельвинах

(20 баллов)

Задание 5. Дары элемента X

Соединения элемента X сыграли ключевую роль в развитии цивилизации, обеспечив санитарную безопасность, массовую гигиену и создание важнейших материалов. Вашему вниманию предлагается схема превращений, в которой все зашифрованные вещества (А-Ж) содержат элемент X (см. таблицу, ω - массовая доля). С – при комнатной температуре бесцветный, чрезвычайно ядовитый тяжёлый газ, D ниже 10 °С сгущается в жидкость красно-коричневого цвета, в твёрдом виде - тёмно-красные кристаллы, E используется при отбеливании бумаги и обеззараживании воды, F - аналог соли, названной по имени известного французского химика XVIII в. Реакции 5 и 10 - диспропорционирование, а 8 - соединение.

Вещество	Тип	$\omega(X)$, %
A	простое	100
B	бинарное	52,55
C		38,38
D		52,59
I		26,14
J		81,61
E	соль	39,23
F	соль	33,34
H	соль	66,27
G	комплексная соль, дигидрат	41,28



1. Установите соединения А–J.
2. Напишите все приведённые на схеме уравнения реакций.

(20 баллов)

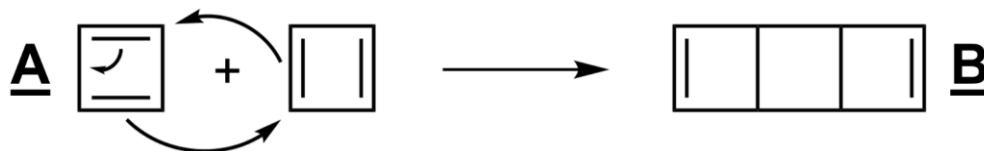
ХИМИЯ 10 КЛАСС

Вариант III ответы

Задача 1.

1) Простейшее антиароматическое соединение **A** – это циклобутадиен. Он содержит плоскую циклическую сопряжённую систему, в которой делокализовано 4 π -электрона ($4n$ при $n = 1$). Это также подтверждается брутто-формулой димера **B** (C_8H_8), исходя из которой **A** должна соответствовать формула C_4H_4 .

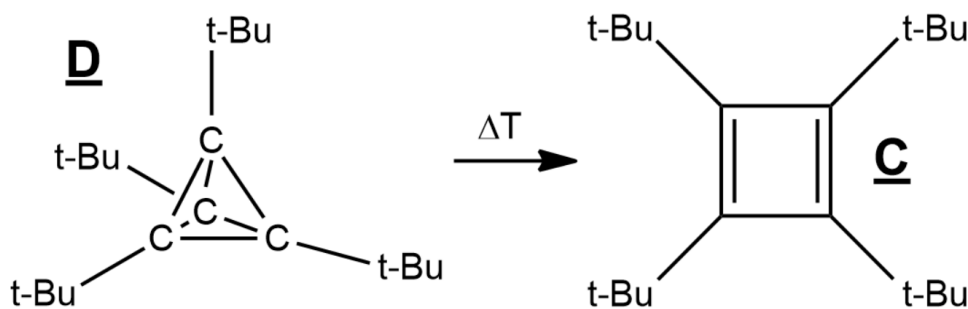
При димеризации циклобутадиена одна молекула последнего выступает в роли сопряжённого диена, в то время как вторая – в роли диенофила; структура димера **B** содержит три четырёхчленных цикла:



Поскольку **B** не содержит сопряжённую систему, а также в его состав входят четыре sp^3 -гибридных атома углерода, геометрия которых стремится к тетраэдрической, оно не может быть ни ароматическим, ни антиароматическим (является неароматическим).

(8 баллов)

2) Логично предположить, что тетразамещённое производное циклобутадиена **C**, получающееся при термической изомеризации тетра-трет-бутилтетраэдрана, будет содержать те же четыре заместителя, что и его валентный изомер **D**. Таким образом, **C** – это тетра-трет-бутилциклобутадиен:

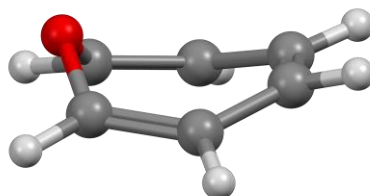


Тетразамещённые производные циклобутадиена, содержащие объёмные заместители, характеризуются более высокой устойчивостью к димеризации вследствие стерических препятствий, затрудняющих “подход”

двух молекул циклобутана друг к другу. Кроме того, заместители могут обеспечивать дополнительную электронную стабилизацию за счёт гиперконъюгации, однако стерические препятствия являются доминирующим фактором. *Указание гиперконъюгации в качестве стабилизирующего фактора не оценивается при решении задачи.*

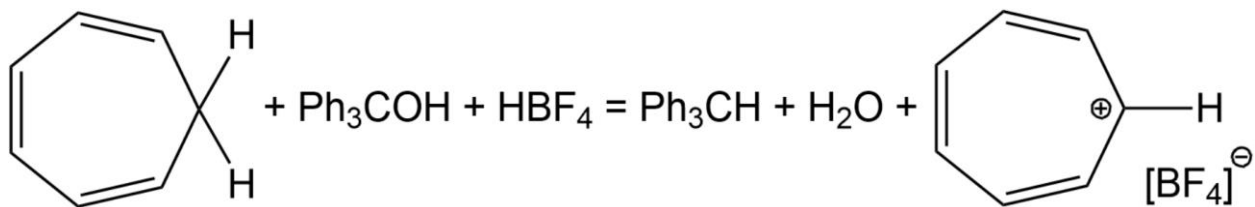
(8 баллов)

3) Оксепин не является антиароматическим, поскольку принимает конформацию “ванна”, что приводит к нарушению сопряжения. В результате оксепин проявляет свойства неароматического непредельного соединения, а также относительно легко образуется при окислении бензола в организме человека. *Изображение наиболее устойчивой конформации оксепина не оценивается при решении задачи.*



(2 балла)

4) При взаимодействии трифенилметанола с HBF_4 образуется трифенилметильный карбокатион, проявляющий свойства акцептора гидрид-аниона. При отщеплении последнего от циклогептатриена образуется ароматический катион тропилия, содержащий сопряжённую систему из 6 π -электронов. *В решении допускается изображение любой корректной резонансной структуры продукта (включая резонансный гибрид).*



(2 балла)

По материалам из статей:

<https://doi.org/10.1021/ja00789a088>

<https://doi.org/10.1002/anie.197805201>

<https://doi.org/10.1021/ja020863n>

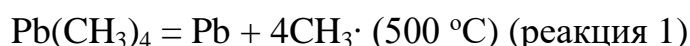
Задача 2.

Первым делом определимся с формулой **X**. Основываясь на справочных данных, установим простейшую формулу **X**. Пусть для удобства расчетов масса **X** равна 100 г, тогда $m(\text{Pb}) = 77,53$ г; $m(\text{C}) = 17,98$ г; $m(\text{H}) = 4,49$ г. Отсюда $n(\text{Pb}) = 77,53/207 = 0,3745$ моль; $n(\text{C}) = 17,98/12 = 1,4983$ моль; $n(\text{H}) = 4,49/1 = 4,49$ моль.

$$\begin{aligned} & n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{Pb}) \\ & 1,4983:4,49:0,3745 \\ & 4:12:1 \\ & \text{C}_4\text{H}_{12}\text{Pb} \end{aligned}$$

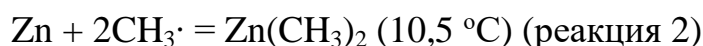
Поскольку нагревание **X** до 500 °С приводит к образованию зеркального металлического слоя на поверхности трубки, вполне разумно предполагать, что металл, формирующий этот слой – свинец, а протекающая реакция (в качестве атмосферы в условиях указан только водород) – реакция разложения. Оставшиеся два элемента, входящие в состав **X**, углерод и водород, предположительно могут быть в составе радикалов (в вопросе 2 упоминается об отсутствии процессов рекомбинации) и, судя по количеству С и Н, – метильных.

Таким образом, **X** – $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$



(5,5 балла)

Метильные радикалы, направляемые газом-носителем в охлаждаемую вторую секцию, реагируют с материалом трубки, формируя жидкость **Y**, представляющую собой диметилцинк, $\text{Zn}(\text{CH}_3)_2$.



(5,5 балла)

Y затем растворяют в избытке воды без доступа кислорода, в результате чего образуются осадок **Z** и газ **V**. Очевидно, что белый осадок **Z** – $\text{Zn}(\text{OH})_2$. Определимся с составом газа **V**. Масса **Y** равна $12,34 \text{ см}^3 \cdot 1,386 \text{ г/см}^3 = 17,1$ г. $n(\text{Y}) = 17,1/95 = 0,18$ моль.

По уравнению Менделеева-Клапейрона определим количество вещества газа **V**.

$$PV = nRT$$

$$0,23 * 101325 * 40584 * 10^{-6} = n * 8,314 * (273 + 43)$$

$$n(\mathbf{V}) = 0,36 \text{ моль}$$

Тогда $n(\text{Zn}(\text{CH}_3)_2)/n(\mathbf{V}) = 1/2$. Отсюда, учитывая, что осадок представляет собой гидроксид цинка, **V** – углеродсодержащий газ. Учитывая стехиометрию и отсутствие процессов рекомбинации, единственно возможной реакцией в данных условиях будет:



Отсюда **V** – метан. А масса **V** равна $0,36 * 16 = 5,76$ г.

(9 баллов)

Найдем массу **X**. Учитывая стехиометрию протекающих реакций, несложно заметить, что $n(\text{Pb}(\text{CH}_3)_4)$ относится к $n(\text{Zn}(\text{CH}_3)_2)$ как 1:2. Тогда $n(\text{Pb}(\text{CH}_3)_4) = 0,18/2 = 0,09$ моль. Масса **X** в этом случае равна $0,09 * 267 = 24,03$ г.

Найдем массу трубки после выливания из нее жидкости **Y**: $m(\text{Pb}(\text{CH}_3)_4) + m(\text{Zn}) - m(\text{Zn}(\text{CH}_3)_2) = 24,03 + 228 - 17,1 = 234,93$ г.

(4 балла)

Области применения **X** – инициация радикальных реакций, антидетонатор для бензинового топлива и др.

Области применения **Y** – инициация радикальных реакций, ускорение вулканизации каучука, оргсинтез (метилирующий агент) и др.

(2 балла)

Задача 3.

1) Поскольку в банане массой 159,6 г содержится 0,57 г калия, то в 1 кг бананов содержится 3,57 г калия. Так как активность 1 г природного калия составляет 32 Бк, то активность в случае 3,57 г составляет 114 Бк. Тогда удельная активность равна 114 Бк/кг.

(3 балла)

2) Так как активность радия-226 и радия-228 в 1 грамме орехов равна 49 мБк и 67 мБк, то суммарная активность радия равна 116 мБк. В навеске 30 г активность равна 3,48 Бк.

(3 балла)

3) Используем уравнение основного закона радиоактивного распада:

$$A_t = A_0 \cdot 2^{-t/T}$$

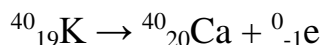
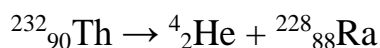
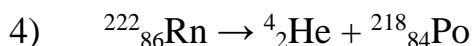
$$A_t/A_0 = 2^{-t/T}$$

$$0,99 = 2^{-t/5,75}$$

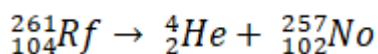
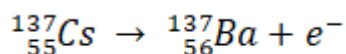
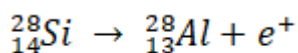
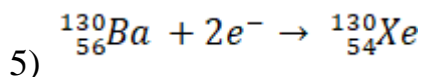
$$\ln(0,975) = -\ln(2) \cdot t/5,75$$

$$t = 0,21 \text{ лет} = 76,66 \text{ дней}$$

(3 балла)



(3 балла)

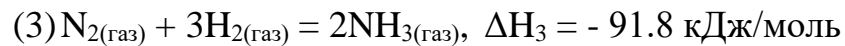
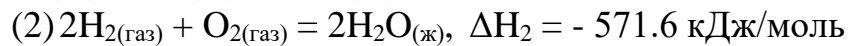
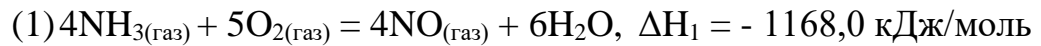
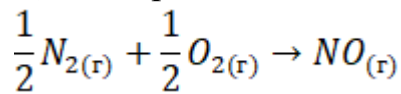


(2 балла)

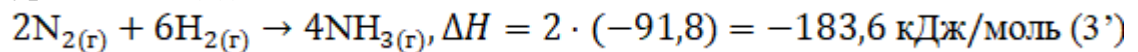
Задача 4.

Решение:

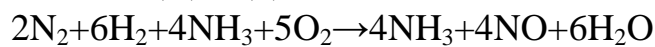
1. Целевая реакция:



Уравнение (3) умножим на 2, чтобы получить 4 моль NH_3 (как в уравнении (1)):



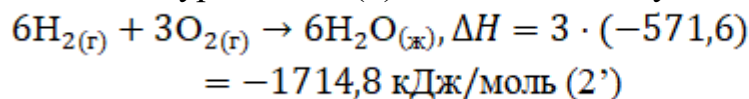
Сложим (3') и (1):



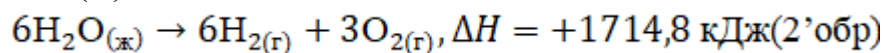
Тепловой эффект:

$$\Delta H = -183,6 + (-1168,0) = -1351,6 \text{ кДж/моль (A)}$$

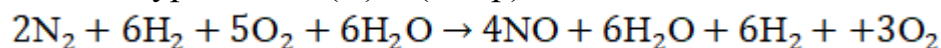
Умножим уравнение (2) на 3, чтобы получить 6 моль H_2O :



Чтобы исключить H_2O из уравнения (A), запишем обратную реакцию для (2'):



Сложим уравнение (A) и (2'обр):

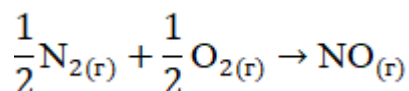


После сокращения $6H_2O$ и $6H_2$: $2N_{2(г)} + 2O_{2(г)} \rightarrow 4NO_{(г)}$

$$\Delta H = -1351,6 + 1714,8 = 363,2 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta_f H_{298}^\circ (NO) = \frac{363,2}{4} = 90,8 \text{ кДж/моль}$$

2. Рассчитаем изменение энтропии для этой реакции:



Изменение энтропии:

$$\Delta_f S_{298}^\circ = S_{298}^\circ(\text{NO}) - \left[\frac{1}{2} S_{298}^\circ(\text{N}_2) + \frac{1}{2} S_{298}^\circ(\text{O}_2) \right] = 210,8 - \left[\frac{1}{2} 191,6 + \frac{1}{2} 205,0 \right] = 12,5$$

Дж·моль⁻¹·К⁻¹

Переведём в кДж/моль·К:

$$\Delta_f S_{298}^\circ = 0,0125 \text{ кДж/моль} \cdot \text{К}$$

Рассчитаем энергию Гиббса реакции:

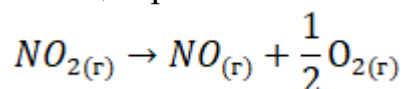
$$\Delta_f G_{298}^\circ = \Delta_f H_{298}^\circ - T \cdot \Delta_f S_{298}^\circ$$

$$\Delta_f G_{298}^\circ = 90,8 - 298 \cdot (0,0125) \approx 87,1 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta_f G_{298}^\circ > 0,$$

Реакция образования NO из простых веществ (N₂ и O₂) в стандартных условиях (298 К, 1 атм) термодинамически невыгодна – она не может протекать самопроизвольно в прямом направлении

3. Реакция разложения:



$$\Delta H^\circ = \Delta_f H^\circ(\text{NO}_{(\text{г})}) + \frac{1}{2} \Delta_f H^\circ(\text{O}_2) - \Delta_f H^\circ(\text{NO}_{2(\text{г})}) = 90,3 + 0 - 34,2 = 56,1 \text{ кДж}$$

/моль

$$\begin{aligned} \Delta S^\circ &= S^\circ(\text{NO}_{(\text{г})}) + \frac{1}{2} S^\circ(\text{O}_2) - S^\circ(\text{NO}_{2(\text{г})}) = 210,8 + \frac{1}{2} \cdot 205,0 - 240,1 \\ &= 73,2 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} = 0,0732 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ = 56,1 - 298 \cdot 0,0732 = 34,3 \text{ кДж/моль}$$

Константа равновесия:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_p$$

$$\ln K_p = -\frac{\Delta G^\circ}{RT} = -\frac{34300 \text{ кДж}}{8,314 \cdot 298} \approx -13,84$$

$$K_p = e^{-13,84} \approx 9,7 \cdot 10^{-7}$$

$\Delta G^\circ = +34,3 \text{ кДж/моль} > 0$ означает, что реакция разложения NO₂ в прямом направлении не является самопроизвольной при стандартных условиях (298 К).

$K_p \approx 10^{-6}$ - очень малая величина, подтверждающая, что равновесие сильно смещено в сторону исходного вещества (NO₂).

При комнатной температуре NO₂ термодинамически устойчив к разложению на NO и O₂. Самопроизвольным является обратный процесс - окисление NO кислородом с образованием NO₂.

4. Условие изменения знака ΔG:

Для реакции, где ΔH° > 0 и ΔS° > 0, условие ΔG° < 0 выполняется при:

$$\Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = 0 \Rightarrow T > \frac{\Delta H^\circ}{\Delta S^\circ} = \frac{56,1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}}{0,0732 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}} \approx 766,4 \text{ К}$$

При T > 766 К (≈ 493 °C) реакция разложения NO₂ становится термодинамически выгодной (ΔG° < 0).

При T < 766 К разложение невыгодно (ΔG° > 0).

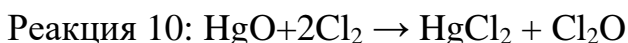
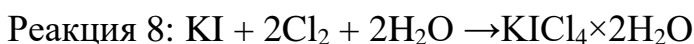
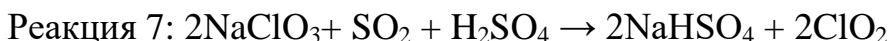
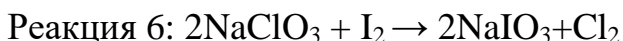
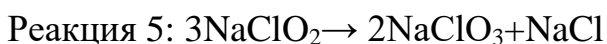
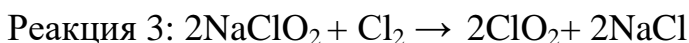
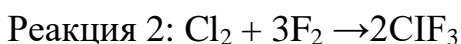
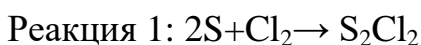
При T = 766 К система находится в равновесии (ΔG° = 0).

Таким образом, при стандартных условиях (298 К) разложение NO₂ не происходит, но при нагревании выше ~766 К процесс становится самопроизвольным.

Задача 5.

Решение:

A	B	C	D	E
Cl ₂	S ₂ Cl ₂	ClF ₃	ClO ₂	NaClO ₂
F	G	H	I	J
NaClO ₃	KICl ₄ ×2H ₂ O	NH ₄ Cl	HgCl ₂	Cl ₂ O



ХИМИЯ 10 КЛАСС
КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ
Вариант Ш

Задача 1.

1. За установление структурных формул соединений **A, B, C, D** по 2 балла – всего **8 баллов**.
2. За написание уравнений реакций димеризации **A**, изомеризации валентных изомеров **C** и **D** в п. 2, а также образования ароматического иона в п. 4 по 2 балла – всего **6 баллов**.
3. За указание того, к какому типу циклов относится продукт димеризации циклобутадиена – **2 балла** (без объяснения – 1 балл).
4. За объяснение повышения устойчивости тетразамещённых циклобутадиенов и отсутствия антиароматичности у оксепина по 2 балла – всего **4 балла**.

Итого: 20 баллов

Задача 2.

1. За установление формул соединений **X, Y, Z, V** по 1,5 балла (без расчетов для **X** и **V** – 0 баллов) – всего **6 баллов**.
2. За написание уравнений реакций по 4 балла – всего **12 баллов**.
3. За определение массы газов **X** и **V**, а также массы трубки после выливания из нее жидкости **Y** по 2 балла – всего **6 баллов**.
4. За хотя бы одну область применения **X** и/или **Y** – **2 балла**.

Итого: 26 баллов

Задача 3.

1. За установление удельной активности калия-40 – **3 балла**.
2. За определение активности радия в навеске орехов – **3 балла**.
3. За установление времени, за которое активность ^{228}Ra в горсти бразильских орехов уменьшится на установленный процент – **3 балла**.
4. За написание схем радиоактивных распадов радия-226, тория-232 и калия-40 по 1 баллу – всего **3 балла**.
5. За написание схем ядерных реакций по 0,5 балла – всего **2 балла**.

Итого: 14 баллов

Задача 4.

Критерии:

1. Верно записана целевая реакция образования N_2O_5 из простых веществ: $1/2N_2(g) + 1/2O_2(g) \rightarrow NO$ – **2 балла**
2. Верно составлен план комбинирования исходных уравнений по закону Гесса с логическими пояснениями последовательности действий – **2 балла**
3. Верный численный расчет: $(\Delta_f H^\circ_{298}(NO_{(газ)})) = +90,8$ кДж/моль – **2 балла**
4. Правильный расчет изменения энтропии реакции: $\Delta_r S^\circ_{298} = S^\circ(NO) - [1/2 S^\circ(N_2) + 1/2 S^\circ(O_2)]$ – **2 балла**
5. Корректное применение формулы $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$ и точный расчет: $\Delta_f G^\circ_{298} = 87,1$ кДж/моль – **3 балла**
6. Обоснованный вывод о термодинамической неустойчивости NO при стандартных условиях, основанный на положительном значении ΔG° – **2 балла**
7. Расчёт ΔG° и K_p для реакции разложения и объяснение кинетической стабильности NO_2 – **4 балла**.
8. Расчёт температуры изменения знака ΔG – **3 балла**.

Итого: 20 баллов

Задача 5.

Критерии:

1. За верное определение веществ (5 баллов):
A, B, C, D, E, F, G, H, I, J — по 0,5 балла за каждое – **5 баллов**
2. По 1,5 балла за каждое правильное и уравненное уравнение в цепочке -10 уравнений – **15 баллов**
(Если реакция записана верно, но не уравнена – 1 балл)

Итого: 20 баллов

Химия. 11 класс. 1 вариант

Работа рассчитана на 240 минут

Задача 1. Вездесущие циклы

Циклические органические соединения окружают нас повсюду. Нуклеиновые кислоты, полисахариды, ряд протеиногенных аминокислот (гистидин, пролин, тирозин и т.д.), многие витамины и лекарственные препараты – все эти соединения содержат в своей структуре циклические фрагменты. По этой причине разработка новых методов синтеза циклических молекул является одной из наиболее актуальных задач современного органического синтеза.

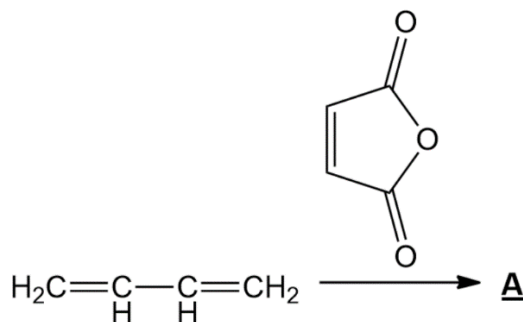
На схемах далее представлены способы синтеза различных циклических молекул, содержащих от трёх до шести членов. Установите строение соединений **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**, если известно, что:

а) массовая доля кислорода в соединении **C** составляет 38,1%;

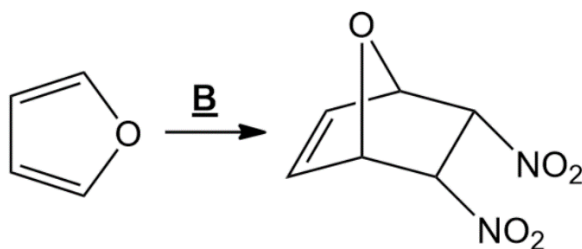
б) при фотолитическом разложении диазометана образуется высокорекреационноспособная частица, содержащая 14,3 масс. % водорода. Присоединение её к исходному сложному эфиру приводит к **F**;

с) массовая доля азота в соединении **E** составляет 13,1 %.

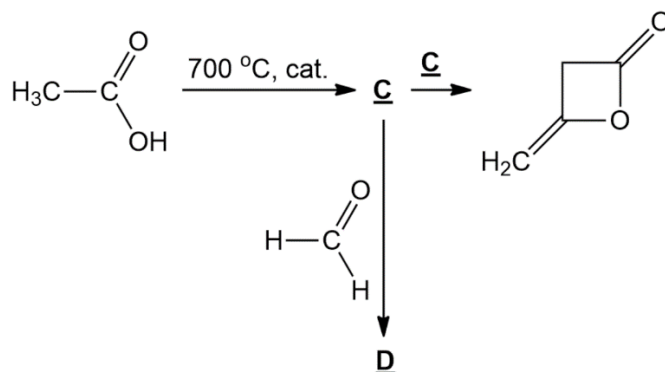
1.



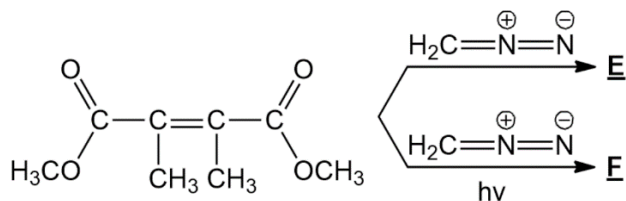
2.



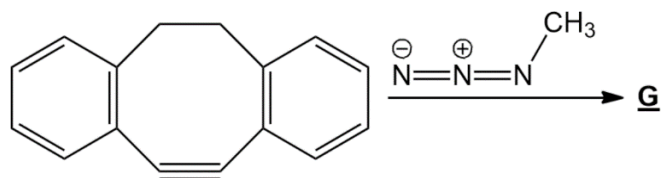
3.



4.



5.



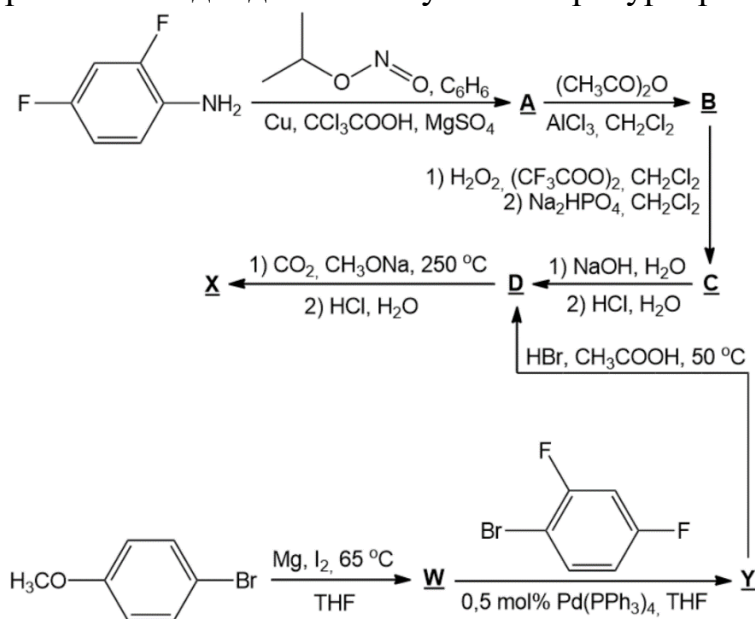
(18 баллов)

Задача 2. Не аспирином единым

Дифлунисал (**X**) – это нестероидный противовоспалительный лекарственный препарат, синтезированный и зарегистрированный компанией Merck в 1970-х годах. В первоначальном патенте Merck ключевой стадией синтеза дифлунисала (получение прекурсора **A**) была одна из модификаций реакции Гомберга-Бахмана. В отличие от традиционного варианта выполнения данного превращения, в данной модификации отсутствует стадия выделения соли диазония, а для её получения в качестве диазотирующего агента применяется изопропилнитрит, в кислой среде выступающий в роли донора катиона нитрозония (NO^+). Образующийся катион диазония сразу же вступает в реакцию с арилируемым соединением, что позволяет получить соединение **A** с относительно высокими выходами.

В то же время последние годы было предложено множество новых способов синтеза этого препарата, в т.ч. с использованием катализаторов на основе комплексов переходных металлов (нижняя часть схемы).

На схеме ниже представлено два способа синтеза дифлунисала **X**, отличающиеся разными подходами к получению прекурсора **D**:



* THF – тетрагидрофуран

Установите структурные формулы соединений **A**, **B**, **C**, **D**, **X**, **W**, **Y**, если известно, что:

- соединение **A** не содержит в своём составе азота;
- реакция **B** → **C** сопровождается увеличением количества атомов кислорода в молекуле на единицу;
- соединение **W** не содержит в своём составе иода;
- реакция **Y** → **D** протекает по S_N2-механизму.

(14 баллов)

Задача 3. Радиохимические штучки 2

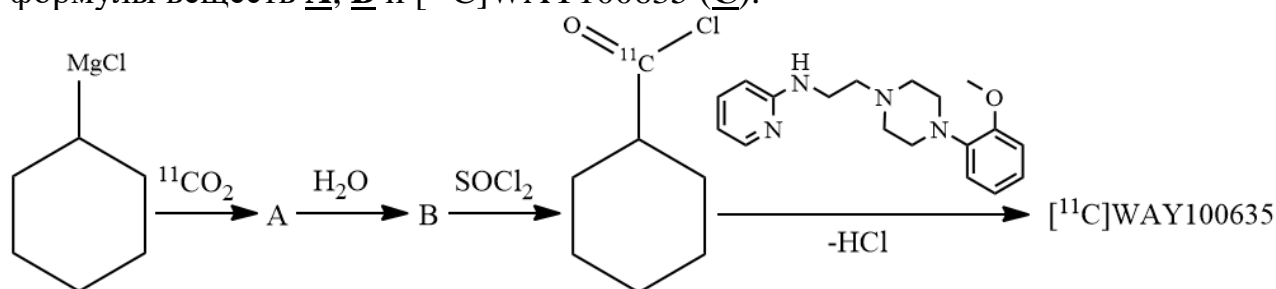
«Если ты упал в ядерный реактор,
то не важно, с какой высоты»
Народная мудрость

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) – метод, основанный на использовании препаратов, содержащих ультракороткоживущие радионуклиды, претерпевающие позитронный распад (к примеру, углерод-11, фтор-18 и галлий-68), играет важную роль в современной медицинской диагностике. ПЭТ позволяет изучать важнейшие физиологические функции организма, фиксировать тонкие биохимические процессы, лежащие в основе различных патологических состояний, проводить диагностику и качественную оценку онкологических, психоневрологических и кардиологических заболеваний.

1) Запишите схемы позитронного распада для ¹¹C, ¹⁸F, ⁶⁸Ga.

2) Один из радиофармацевтических лекарственных препаратов (РФЛП) на основе углерода-11, [¹¹C]WAY100635, применяется для визуализации последствий ряда дегенеративных заболеваний центральной нервной системы.

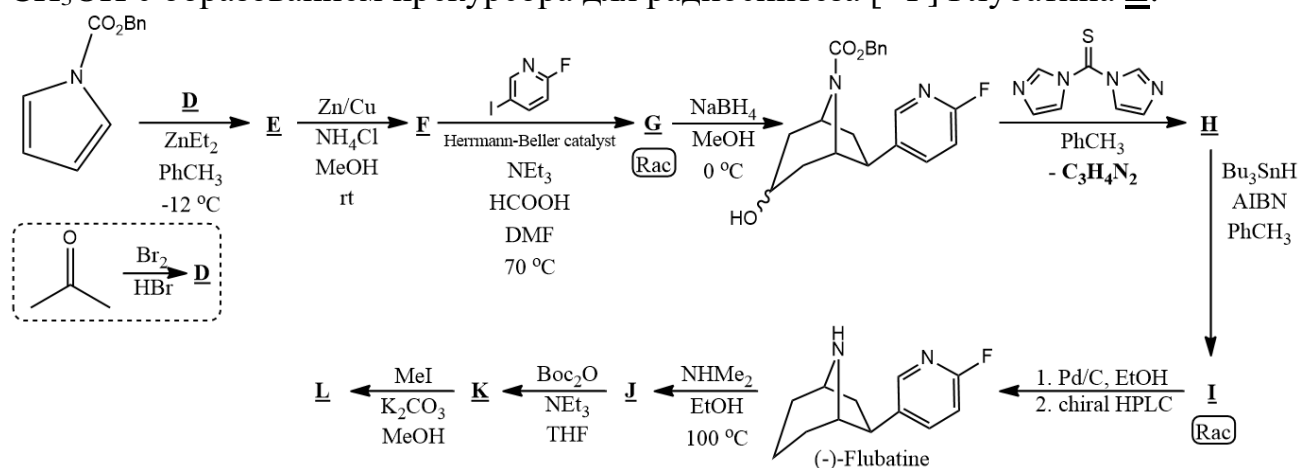
Расшифруйте схему синтеза [¹¹C]WAY100635, установив структурные формулы веществ **A**, **B** и [¹¹C]WAY100635 (**C**).



3) Самым часто используемым радионуклидом в ПЭТ исследованиях (ввиду оптимальных периода полураспада ($T_{1/2}({}^{18}\text{F}) = 109,7$ мин) и энергии позитронов ($E(e^+) = 635$ кэВ)) является фтор-18. Относительно большой период полураспада фтора-18 дает возможность проводить сложные многостадийные синтезы РФЛП и получать несколько клинических доз препаратов за один синтез.

К примеру, одним из таких препаратов является [^{18}F]Флубатин ([^{18}F]Flubatine), использующийся для раннего выявления болезни Альцгеймера и исследования когнитивных дисфункций при болезни Паркинсона.

Прекурсор для радиосинтеза [^{18}F]флубатина получают в несколько стадий. В результате реакции [4+3]-циклоприсоединения между производным пиррола (атом азота в котором защищен бензилоксикарбонильной группой) и бромсодержащим соединением **D** в присутствии диэтилцинка образуется бициклическое соединение **E**, которое далее обрабатывается цинк-медной парой в среде $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{CH}_3\text{OH}$ при комнатной температуре (rt) с образованием вещества **F**. **F** в условиях реакции гидроарилрования в присутствии катализатора Херрманна-Беллера реагирует с 5-иод-2-фторпиридином с образованием соединения **G**, которое затем восстанавливается борогидридом натрия. Полученный на этой стадии полупродукт затем обрабатывается 1,1'-тиокарбонилдиимидазолом с образованием соединений **H** и $\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2$. Соединение **H** сначала взаимодействует с Bu_3SnH с образованием вещества **I**, с которого затем снимается защитная группировка при кипячении в циклогексене и этаноле в присутствии Pd/C , а полученная смесь энантиомеров разделяется при помощи хиральной высокоэффективной жидкостной хроматографии. (-)-Флубатин, являющийся нерadioактивным аналогом (-)-[^{18}F]Флубатина, сначала обрабатывается диметиламином в этаноле при нагревании (образуется вещество **J**), а затем аминогруппа защищается ди-*трет*-бутилкарбонатом (Boc_2O) в среде триэтиламина в тетрагидрофуране (THF, ТГФ) (образуется вещество **K**). Соединение **K** на последнем этапе синтеза обрабатывается избытком метилиодида в K_2CO_3 , CH_3OH с образованием прекурсора для радиосинтеза [^{18}F]Флубатина **L**.



Справочные данные:

Вещество **D** образуется при бромировании ацетона в HBr .

Массовая доля брома в **D**: $\omega(\text{Br}) = 85,56\%$.

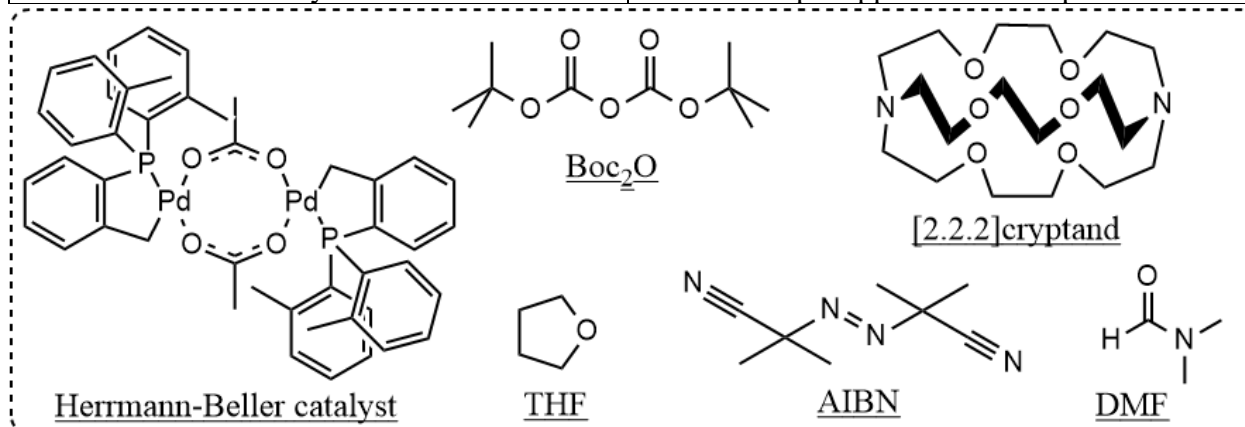
Число атомов брома в **D** и **E** отличается на 2.

Число атомов брома в **F** и **E** отличается на 2.

Вещества **G** и **I** представляют собой смесь энантиомеров (Rac – racemic, рацемический).

Список сокращений:

Me-	Метил
Et-	Этил
Bu-	н-Бутил
Bn-	Бензил
Ph-	Фенил
DMF	Диметилформамид
AIBN	Азобисизобутиронитрил
THF	Тетрагидрофуран
Herrmann-Beller catalyst	Катализатор Херрманна-Беллера



Установите структурные формулы соединений **D**, **E**, **F**, **G**, **H**, **I**, **J**, **K**, **L** (указание стереохимической информации для этих соединений не оценивается).

Обозначьте (символом *) все хиральные атомы углерода в молекуле (-)-Флубатина.

Что означает (-) в названии соединения?

4) [¹⁸F]Флубатин синтезируется в две стадии из прекурсора **L**. На первой стадии **L** обрабатывается радиоактивным фторидом калия ([¹⁸F]KF) в присутствии криптана[2.2.2] ([2.2.2]cryptand) и карбоната калия в ацетонитриле (образуется соединение **M**), а на завершающей стадии происходит снятие защиты с образованием [¹⁸F]Флубатина.

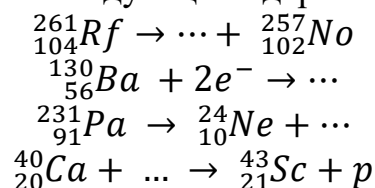
Установите структурные формулы соединений **M** и [¹⁸F]Флубатина.

Может ли в результате радиосинтеза из п.4 получиться (+)-[¹⁸F]Флубатин? Ответ объясните.

Отличаются ли химические свойства нерадиоактивного Флубатина и радиоактивного [¹⁸F]Флубатина?

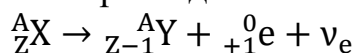
Как правило, радиосинтез из прекурсора **L** занимает порядка 30 минут. Установите радиохимический выход (РХВ) [¹⁸F]Флубатина, учитывая, что исходная активность фтора-18 равнялась 30 ГБк, а выходы химических реакций (η) на обеих стадиях равны 90%.

5) Закончите уравнения следующих ядерных реакций:



Справочные данные:

Общая схема позитронного распада:



Закон радиоактивного распада:

$$N_t = N_0 \exp(-\lambda t),$$

где N_t – число атомов к моменту времени t , N_0 – начальное число атомов, λ – постоянная распада:

$$\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$$

где $T_{1/2}$ – период полураспада.

Активность радиоактивного источника (A) – это число распадов в единицу времени [$c^{-1} = \text{Бк}$].

$$A = \frac{N_0 \ln 2}{T_{1/2}}$$

Радиохимический выход вещества **2** относительно вещества **1**:

$$\text{РХВ}(\%) = A[{}^{18}\text{F}]_2 / A[{}^{18}\text{F}]_1 * 100 \%,$$

где $A[{}^{18}\text{F}]_2$ – активность ${}^{18}\text{F}$ в соединении **2** в конце синтеза, $A[{}^{18}\text{F}]_1$ – активность ${}^{18}\text{F}$ в соединении **1** на начало синтеза.

(30 баллов)

Задача 4. Химический детектив: кислородный след

Разложение пентаоксида динитрогена в инертных растворителях приводит к образованию диоксида азота и кислорода. При изучении процесса диссоциации N_2O_5 в четырёххлористом углероде при 40°C были получены следующие экспериментальные данные (н.у.):

Время, мин	20	40	60	80	100	∞
Объем кислорода, см^3	18,6	26,9	30,7	32,4	33,1	33,75

1. Заполните таблицу, в которой приведите уравнение скорости, выражение для периода полупревращения и размерность константы скорости для реакций нулевого, первого и второго порядков.

Порядок реакции	Кинетическое уравнение	Решение кинетического уравнения	Период полупревращения	Размерность константы
0		$C - C_0 = kt$		
1		$\ln \frac{C_0}{C} = kt$		
2		$\frac{1}{C_0} - \frac{1}{C} = kt$		

2. Используя метод подбора по кинетическому уравнению, определите порядок реакции разложения N_2O_5 в данном эксперименте.

3. Рассчитайте константу скорости реакции k и период полупревращения $t_{1/2}$ (в мин).

4. При 30 °С период полупревращения $t_{1/2}$ составляет 35 мин. Рассчитайте энергию активации реакции (в кДж/моль).

5. Какая доля N_2O_5 разложится при 40°С за время, равное удвоенному периоду полупревращения, если начальная концентрация N_2O_5 составляла 0,200 моль/л.

Справочные данные и указания

Универсальная газовая постоянная: $R = 8,314 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$.

Уравнение Аррениуса: $k = Ae^{-E_a/(RT)}$, где R – универсальная газовая постоянная; A – предэкспоненциальный множитель, который не зависит от температуры, а определяется только видом реакции; E_A – энергия активации, которую можно охарактеризовать как некоторую пороговую энергию, необходимую для осуществления реакции.

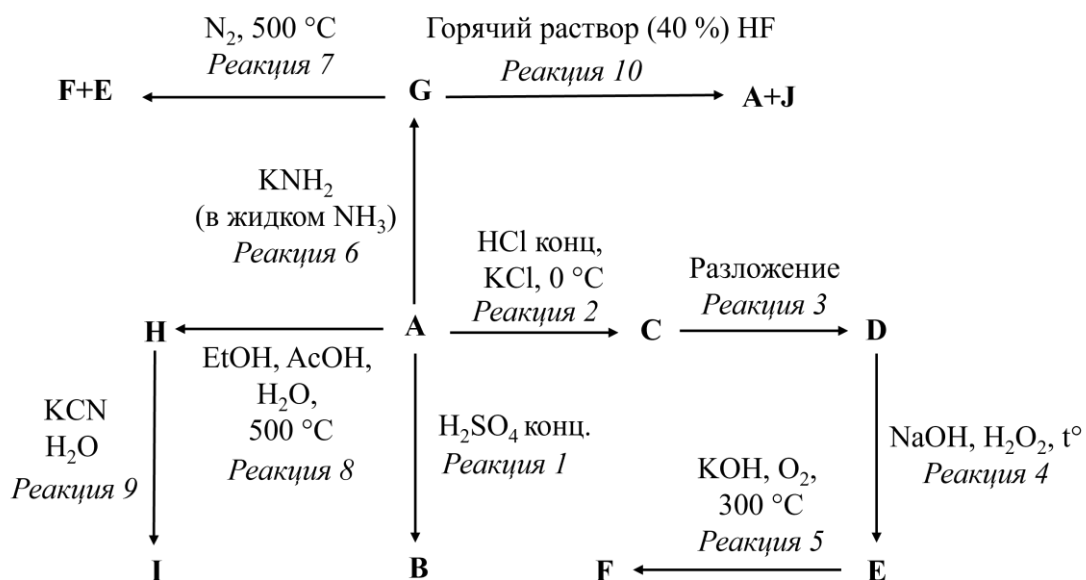
Метод подбора заключается в подстановке экспериментальных данных в кинетические уравнения для различных порядков и выяснении, какое из этих уравнений приводит к постоянному значению константы скорости.

(18 баллов)

Задача 5. Цветная химия элемента X

Кристаллическое вещество **A** широко используется для получения в лабораторных условиях многочисленных соединений элемента **X** в различных степенях окисления (см. схему и таблицу, соединения **A–J** содержат **X**, ω – массовая доля). Разбавленный водный раствор **A** имеет малиновый цвет и является распространённым антисептическим средством. **C** – комплексное соединение, устойчивое только в твердом состоянии или в сильно хлоридной среде, в растворе разлагается до соли **D**, **E** – оксид, **H** – соль, тетрагидрат, **I**, **J** – комплексные соединения, **I** – тригидрат. Во всех комплексных соединениях **X** имеет координационное число 6. Реакции 3 и 7 – разложение, реакция 10 – диспропорционирование.

Вещество	Цвет вещества	$\omega(X)$, %
A	Темно-фиолетовый	
B	Зеленовато-бурый	49,52
C	Темно-красный, почти черный	15,89
D	Светло-розовый	
E	Темно-коричневый	
F	Сине-зеленый	23,26
G	Темно-зеленый	27,87
H	Бледно-розовый	22,42
I	Сине-фиолетовый	13,04
J	Желтый	22,23



1. Установите соединения **A–J**.
2. Напишите все приведённые на схеме уравнения реакций.

(20 баллов)

Периодическая система химических элементов

1																	18							
1	Н 1 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 2 4,0026 0 Гелий Helium						
2	Li 3 6,94 +1 Литий Lithium	Be 4 9,0122 +2 Бериллий Beryllium																	B 5 10,81 +3 Бор Boron	C 6 12,011 +4 Углерод Carbon	N 7 14,007 -3 +3 +5 Азот Nitrogen	O 8 15,999 -2 Кислород Oxygen	F 9 18,998 -1 Фтор Fluorine	Ne 10 20,1798 0 Неон Neon
3	Na 11 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 12 24,305 +2 Магний Magnesium																	Al 13 26,9815 +3 Алюминий Aluminium	Si 14 28,085 +4 Кремний Silicon	P 15 30,9738 +5 Фосфор Phosphorus	S 16 32,06 +6 Сера Sulfur	Cl 17 35,45 -1 Хлор Chlorine	Ar 18 39,95 0 Аргон Argon
4	K 19 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 20 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 21 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 22 47,867 +4 Титан Titanium	V 23 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 24 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 25 54,938 +2 +4 Марганец Manganese	Fe 26 55,845 +3 Железо Iron	Co 27 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 28 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 29 63,546 +2 Медь Copper	Zn 30 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 31 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 32 72,63 +4 Германий Germanium	As 33 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 34 78,971 +4 Селен Selenium	Br 35 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 36 83,798 0 +2 Криптон Krypton						
5	Rb 37 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 38 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 39 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 40 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 41 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 42 95,95 +4 +6 Молибден Molybdenum	Tc 43 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 44 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 45 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 46 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 47 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 48 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 49 114,818 +3 Индий Indium	Sn 50 118,71 +4 Олово Tin	Sb 51 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 52 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 53 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 54 131,293 0 +6 Ксенон Xenon						
6	Cs 55 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 56 137,327 +2 Барий Barium	La 57 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 72 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 73 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 74 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 75 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 76 190,23 +4 +8 Осмий Osmium	Ir 77 192,217 +4 Иридий Iridium	Pt 78 195,084 +2 +4 Платина Platinum	Au 79 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 80 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 81 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 82 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 83 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 84 208,9824 +4 Полоний Polonium	At 85 [210] -1 Астат Astatine	Rn 86 [222] 0 +2 Радон Radon						
7	Fr 87 [223] +1 Франций Francium	Ra 88 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 89 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf 104 [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db 105 [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg 106 [269] (+6) Сиборгий Seaborgium	Bh 107 [270] (+7) Борий Bohrium	Hs 108 [269] (+8) Хассий Hassium	Mt 109 [278] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn 112 [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh 113 [286] ? Нихоний Nihonium	Fl 114 [290] ? Флеровий Flerovium	Mc 115 [290] ? Московский Moscovium	Lv 116 [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts 117 [294] ? Теннесси Tennessine	Og 118 [294] ? Оганесон Oganesson						
				Ce 58 140,116 +3 +4 Церий Cerium	Pr 59 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 60 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm 61 [145] +3 Прометий Promethium	Sm 62 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 63 151,964 +3 Европий Europium	Gd 64 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 66 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 68 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 69 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 70 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 71 174,9668 +3 Лютеций Lutetium							
				Th 90 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 91 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 92 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 93 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu 94 [244] +3 +4 Плутоний Plutonium	Am 95 [243] +3 Америций Americium	Cm 96 [247] +3 Кюрий Curium	Bk 97 [247] +3 Берклий Berkelium	Cf 98 [251] +3 Калифорний Californium	Es 99 [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 [257] +3 Фермий Fermium	Md 101 [258] +3 Менделевий Mendelevium	No 102 [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr 103 [266] +3 Лоуренсий Lawrencium							

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	Н
F ⁻	Р	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	М	Н	Н	Н	Р	Р	Р	–	Н	Р	Р
Cl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	М	Р	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р	?	Р	Р	Н	Н	Н	М	?
S ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	–	–	–	Н	–	–	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HS ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	–	Н	?	?	М	Н	Н	Н	?	?
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	–	Н	Р	Р
HSO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	–	?	?	?	?	?	?	?	?	Н	?	?
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
NO ₂ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	М	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	Р	Н	Р	Р	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HPO ₄ ²⁻	Р	?	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	?	Н	?	Н	?	?	?	М	Н	?
H ₂ PO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	Р	Р	Р	?	–	?	?
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	?	Н
HCO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	?	?	?	?	Р	?	?
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р	Р	–	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
SiO ₃ ²⁻	Н	Н	Р	Р	?	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	?	Н	Н	?	?	Н	?	?
MnO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	Р	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	?	Н	?	?	?	Р	?	?	Н	Н	М	?	Р
CrO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Н	?	?	?	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
ClO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р
ClO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р

«Р» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«М» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«Н» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«–» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

активность металлов уменьшается →

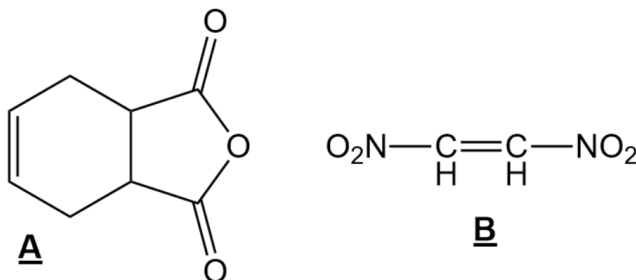
ХИМИЯ 11 КЛАСС

Вариант I ответы

Задача 1.

1) Первые два пункта задачи представляют из себя классические примеры реакции Дильса-Альдера – [4+2]-циклоприсоединения. Поскольку малеиновый ангидрид содержит сильные акцепторные заместители, он является активным диенофилом и легко присоединяется к бутадиену с образованием шестичленного цикла **A**.

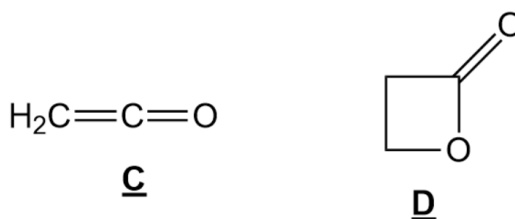
Хотя фуран и является ароматическим гетероциклом, он также проявляет свойства сопряжённого диена. Ввиду его циклического строения, продукты [4+2]-циклоприсоединения к этому субстрату имеют мостиковую структуру. В данном случае диенофилом является 1,2-динитроэтилен **B** – олефин, активированный двумя сильными акцепторными заместителями (NO_2).



(3 балла)

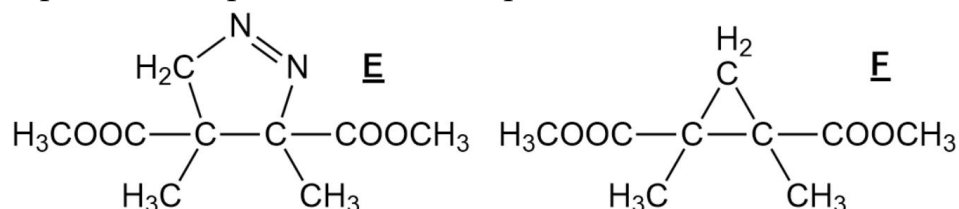
2) При каталитической дегидратации уксусной кислоты образуется кетен **C**, формально являющийся её внутренним ангидридом. Он достаточно легко димеризуется по типу [2+2]-циклоприсоединения с образованием т.н. “дикетена” – 4-метиленоксетан-2-она, что также можно использовать для установления структуры кетена.

При взаимодействии кетена с формальдегидом также протекает реакция [2+2]-циклоприсоединения, при этом образуется пропиолактон **D**.



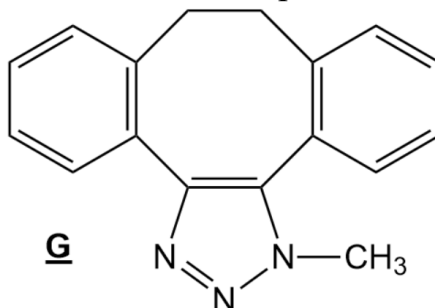
(5 баллов)

3) Диазометан является классическим представителем 1,3-диполей. В зависимости от условий он взаимодействует с диполярфилами по-разному. При фотолизе он отщепляет молекулу азота с образованием высокореакционноспособного синглетного карбена CH_2 , который легко присоединяется к олефинам с образованием производных циклопропана. Если же проводить реакцию в отсутствие света, реакция диазометана с алкенами приводит к производным 1-пиразолина.



(6 баллов)

4) Взаимодействие дибензоциклооктина с метилазидом – это классический пример реакции азид-алкинового циклоприсоединения, промотируемого напряжением (strain-promoted azide-alkyne cycloaddition). Реакция протекает в мягких условиях и в отсутствие катализаторов, поскольку циклооктин содержит два sp -гибридных атома углерода, стремящихся принять линейную пространственную конфигурацию. В результате образуется производное 1,2,3-триазола **G**.

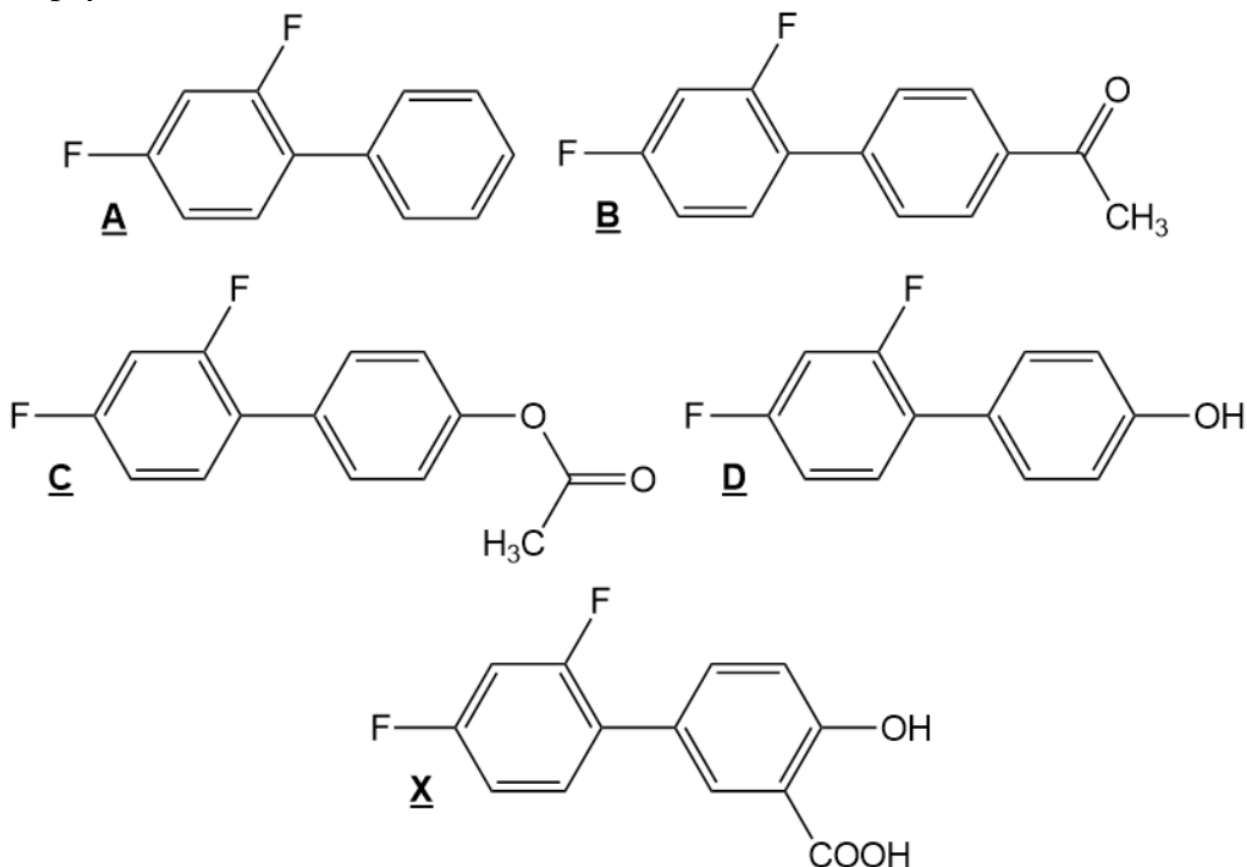


(4 балла)

Задача 2.

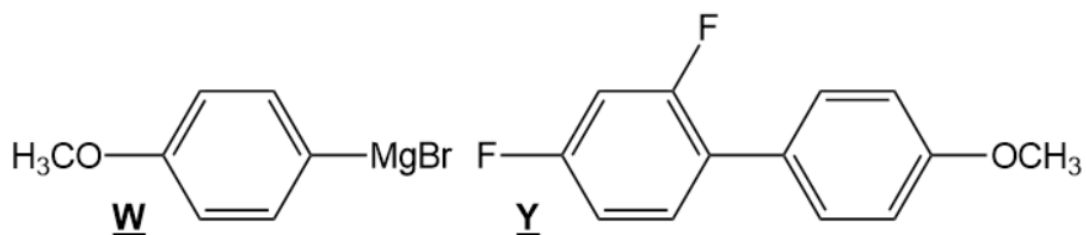
1) Начнём расшифровку представленной цепочки с верхней части схемы. По условию задачи реакция получения **A** из 2,4-дифторанилина – это одна из модификаций реакции Гомберга-Бахмана – сочетания солей диазония с аренами в щелочной среде, сопровождающегося образованием биариллов. Логично предположить, что ароматический амин в данной ситуации будет претерпевать подобное превращение, что будет сопровождаться образованием производного бифенила, а именно 2,4-дифторбифенила **A**. Ацилирование **A** уксусным ангидридом в присутствии кислот Льюиса приводит к соединению **B**; ацильный остаток при этом замещает катион

водорода в пара-положении кольца, не содержащего атомов фтора. Дальнейшее окисление **B** по Байеру-Виллигеру приводит к сложному эфиру **C**, отличающемуся от **B** на один атом кислорода. Гидролиз **C** в щелочной среде с последующим добавлением соляной кислоты сопровождается образованием фенола **D**, карбоксилирование которого в орто-положение по Кольбе-Шмитцу в присутствии метилата натрия позволяет получить искомым дифлунисал **X**.



(10 баллов)

2) Иначе дифлунисал может быть получен с использованием реакций кросс-сочетания, как показано в нижней части схемы. На первой стадии 4-броманизол под действием металлического магния превращается в соответствующий реактив Гриньяра **W**. Небольшое количество иода при этом облегчает протекание реакции, поскольку I_2 активирует поверхность металла. Дальнейшее взаимодействие **W** с 1-бром-2,4-дифторбензолом при катализе тетраакис(трифенилфосфин) палладием – реакция кросс-сочетания Кумада – приводит к образованию прекурсора **Y**. Для расщепления связи O-CH₃ **Y** обрабатывают раствором HBr в уксусной кислоте, при этом образуется CH₃Br и искомым фенол **D**.



(4 балла)

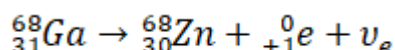
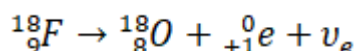
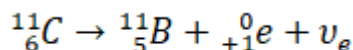
По материалам из публикаций:

[https://www.researchgate.net/publication/225452889 One step synthesis of Diflunisal using a Pd-diamine complex](https://www.researchgate.net/publication/225452889_One_step_synthesis_of_Diflunisal_using_a_Pd-diamine_complex)

<https://doi.org/10.1039/P29810001021>

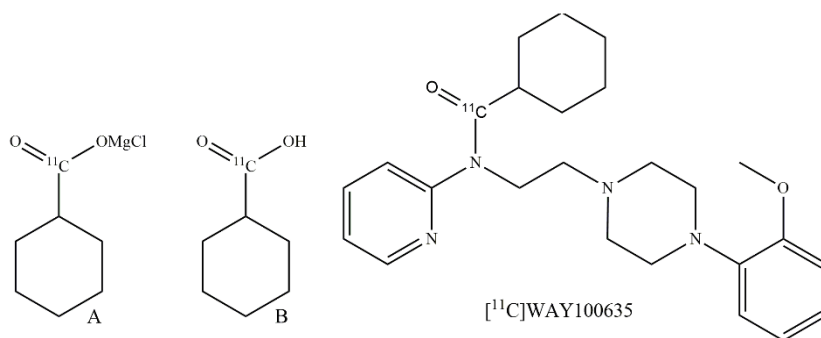
Задача 3.

1) Схемы позитронного распада (отсутствие нейтрино не считается ошибкой)



(3 балла)

2) Первая стадия в синтезе $[^{11}\text{C}]\text{WAY100635}$ – взаимодействие циклогексилмагнийхлорида с $^{11}\text{CO}_2$ – приводит к образованию продукта **A** (реакция Гриньяра). При гидролизе **A** получается $[^{11}\text{C}]$ циклогексанкарбоновая кислота (**B**), взаимодействие которой сначала с тионилхлоридом, а потом с амином приводит к образованию $[^{11}\text{C}]\text{WAY100635}$ (**C**).

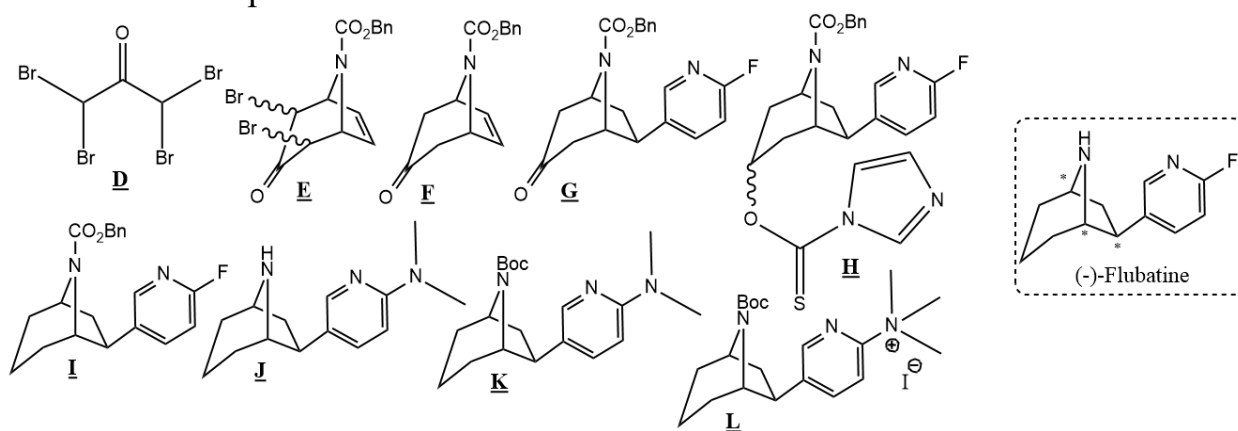


(3 балла)

3) В результате реакции [4+3]-циклоприсоединения между производным пиррола и бромсодержащим соединением **D** (1,1,2,2-тетрабромпропанон) в присутствии диэтилцинка образуется бициклическое соединение **E**, которое далее дегалогенируется (судя по справочным данным для пар **D/E** и **E/F**, отличающихся друг от друга на 2 атома брома) цинк-медной парой в среде $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{CH}_3\text{OH}$ при комнатной температуре (rt) с образованием вещества **F**.

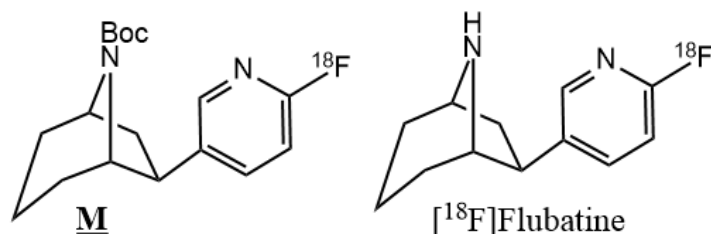
F в условиях реакции Хека в присутствии катализатора Херрманна-Беллера реагирует с 5-иод-2-фторпиридином с образованием соединения **G**, кето-группа которого затем восстанавливается борогидридом натрия. Полученный на этой стадии полупродукт затем обрабатывается 1,1'-тиокарбонилдиимидазолом с образованием соединений **H** и $\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2$ (имидазол. Вывод о нем можно сделать исходя из брутто-формулы и строения реагента). Соединение **H** сначала взаимодействует с гидридом трибутилолова с образованием вещества **I**, с которого затем снимается защитная группировка при кипячении в циклогексене и этаноле в присутствии Pd/C, а полученная смесь энантиомеров разделяется при помощи хиральной высокоэффективной жидкостной хроматографии. (-)-Флубатин, являющийся нерадиоактивным аналогом (-)- ^{18}F Флубатина, сначала обрабатывается диметиламином в этаноле при нагревании (образуется вещество **J**), а затем – ди-*трет*-бутилкарбонатом (Boc_2O) в среде триэтиламина в тетрагидрофуране (образуется вещество **K**). Соединение **K** на последнем этапе синтеза обрабатывается избытком метилиодида в K_2CO_3 , CH_3OH с образованием прекурсора для радиосинтеза ^{18}F флубатина **L**.

В молекуле (-)-Флубатина присутствуют три хиральных атома углерода, а (-) в его названии свидетельствует от направлении вращения плоскости поляризованного света.



(11 баллов)

4) [^{18}F]Флубатин синтезируется в две стадии из прекурсора **L**. На первой стадии в условиях реакции нуклеофильного ароматического замещения **L** реагирует с [^{18}F]KF (образуется соединение **M**), а на завершающей стадии происходит снятие защиты с образованием непосредственно [^{18}F]Флубатина. Строение меченного фтором-18 флубатина несложно установить по его нерадиоактивному аналогу из п.3.



Поскольку в указанном синтезе прекурсор был определенной конфигурации, а хиральные центры в радиосинтезе не затрагиваются, то образование обращенного (+)-[^{18}F]Флубатина невозможно.

Также важно отметить, что химические свойства нерадиоактивного Флубатина и радиоактивного [^{18}F]Флубатина абсолютно идентичны, поскольку известно, что химические свойства атома не зависят от количества нейтронов в ядре.

Поскольку радиохимический выход [^{18}F]Флубатина определяется из активности фтора-18 в целевой молекуле на конец синтеза, то в расчетах необходимо учесть химические выходы на каждой из двух стадий синтеза.

По основному закону радиоактивного распада найдем активность фтора-18 через 30 минут:

$$A_t = A_0 \cdot \exp(-\ln 2 \cdot t / T_{1/2})$$

$$A_t = 30 \cdot \exp(-0,693 \cdot 30 / 109,7)$$

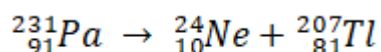
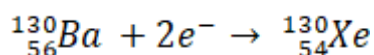
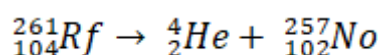
$$A_t = 24,82 \text{ ГБк}$$

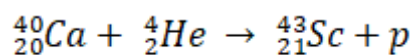
Тогда РХВ:

$$\text{РХВ} = (24,82 \cdot 0,9 \cdot 0,9) / 30 \cdot 100\% = 67 \%$$

(5 баллов)

5)





(4 балла)

По материалам из статей:

[https://doi.org/10.1002/1099-0690\(200006\)2000:12<2195::AID-EJOC2195>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/1099-0690(200006)2000:12<2195::AID-EJOC2195>3.0.CO;2-C)

<https://doi.org/10.1039/P19920000787>

<https://doi.org/10.1039/C39890001368>

<https://doi.org/10.1002/anie.199518441>

<https://doi.org/10.33266/1024-6177-2022-67-3-59-66>

<https://doi.org/10.1016/j.bmc.2013.12.011>

Задача 4.

Решение:

1.

Порядок реакции	Кинетическое уравнение	Решение кинетического уравнения	Период полуревращения	Размерность константы
0	$-\frac{dC}{dt} = k$ $\left(\frac{\Delta C}{\Delta t} = -k\right)$	$C - C_0 = kt$	$t_{1/2} = \frac{C_0}{2k}$	моль·л ⁻¹ ·время ⁻¹
1	$-\frac{dC}{dt} = kC$ $\left(\frac{\Delta C}{\Delta t} \approx -kC\right)$	$\ln \frac{C_0}{C} = kt$	$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$	время ⁻¹
2	$-\frac{dC}{dt} = kC^2$ $\left(\frac{\Delta C}{\Delta t} \approx -kC^2\right)$	$\frac{1}{C_0} - \frac{1}{C} = kt$	$t_{1/2} = \frac{1}{kC_0}$	л · моль ⁻¹ · время ⁻¹

Скорость химической реакции определяется как изменение концентрации реагента (или продукта) со временем. Поскольку

концентрация реагента убывает, скорость выражается через убыль концентрации.

Общий вид:

$$v = -\frac{dC}{dt}$$

где C - текущая концентрация реагента, t - время, знак "минус" компенсирует убывание.

Скорость реакции пропорциональна произведению концентраций реагентов в некоторых степенях, которые называются порядками реакции.

$$v = k \cdot C^n$$

k -константа скорости, n - порядок реакции.

Нулевой порядок ($n = 0$). Скорость не зависит от концентрации реагента.

$$v = k \cdot C^0 = k$$

Подставляем в основное определение скорости:

$$-\frac{dC}{dt} = k$$

Уравнение:

$$\frac{dC}{dt} = -k$$

(здесь $k > 0$, знак минус потому, что концентрация убывает).

Период полупревращения $t_{1/2}$ - когда $C = \frac{C_0}{2}$:

$$\frac{C_0}{2} = C_0 - kt_{1/2}$$

$$kt_{1/2} = C_0 - \frac{C_0}{2} = \frac{C_0}{2}$$

$$t_{1/2} = \frac{C_0}{2k}$$

Размерность k = размерность $\frac{[C]}{[t]}$ = моль·л⁻¹·с⁻¹

Первый порядок (n = 1). Скорость пропорциональна концентрации реагента в первой степени.

$$v = k \cdot C^1 = kC$$

Подставляем в основное определение скорости:

$$-\frac{dC}{dt} = kC$$

Период полупревращения:

$$\ln \frac{C}{C_0} = -kt \text{ или } C = C_0 e^{-kt}$$

$$\frac{C_0}{2} = C_0 e^{-kt_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-kt_{1/2}}$$

$$\ln 2 = kt_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

Размерность k :

$$\text{Из } \frac{dC}{dt} = kC \Rightarrow [k] = \frac{[\text{скорость}]}{[C]} = \frac{[C]/[t]}{[C]} = [t]^{-1} (\text{с}^{-1}).$$

Второй порядок (n=2).

- Один реагент $2A \rightarrow$ продукты
Скорость пропорциональна квадрату концентрации этого реагента.

$$v = k \cdot C_A^2 = kC^2$$

Подставляем в основное определение:

$$-\frac{dC}{dt} = kC^2$$

- Два разных реагента $A + B \rightarrow$ продукты, при их одинаковых начальных концентрациях ($C_0^A = C_0^B$)

В любой момент времени $C_A = C_B = C$.

Закон действующих масс: $v = k \cdot C_A \cdot C_B = k \cdot C \cdot C = kC^2$

Снова получаем:

$$-\frac{dC}{dt} = kC^2$$

Если начальные концентрации разные, дифференциальное уравнение сложнее и записывается через концентрации каждого реагента в отдельности.

Уравнение:

$$\frac{dC}{dt} = -kC^2$$

Период полупревращения:

$$\frac{1}{C_0/2} = \frac{1}{C_0} + kt_{1/2}$$

$$\frac{2}{C_0} = \frac{1}{C_0} + kt_{1/2}$$

$$\frac{1}{C_0} = kt_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{kC_0}$$

Для второго порядка уравнение имеет вид: $\frac{dC}{dt} = -kC^2$

Знак минус - потому что концентрация убывает, но в определении k обычно

берут по модулю (или $k > 0$), тогда из уравнения $v = kC^2$ размерность получается:

$$[k] = \frac{[\text{скорость}]}{[C]^2} = \frac{[C]/[t]}{[C]^2} = [C]^{-1} \cdot [t]^{-1}$$

То есть размерность k для второго порядка:

моль⁻¹·л·с⁻¹ или л·моль⁻¹·с⁻¹

2. Определение порядка реакции

Проверка нулевого порядка реакции Для реакции нулевого порядка кинетическое уравнение в интегральной форме: $C_0 - C = kt$. Концентрация N_2O_5 (C) пропорциональна разности ($V_\infty - V$), где $V_\infty = 33,75$ см³ — предельный объём кислорода, V — объём кислорода к моменту времени t . Следовательно, количество разложившегося N_2O_5 , а значит и объём выделившегося O_2 , должно линейно зависеть от времени: $V = k_0't$, где k_0' — величина, пропорциональная константе скорости k_0 . При нулевом порядке k_0' должна быть постоянна.

Расчёт для каждого момента времени по приведённым данным:

При $t = 20$ мин, $V = 18,6$ см³.

$k_0' = V / t = 18,6 / 20 = 0,930$ см³/мин.

При $t = 40$ мин, $V = 26,9$ см³.

$k_0' = V / t = 26,9 / 40 = 0,673$ см³/мин.

При $t = 60$ мин, $V = 30,7$ см³.

$k_0' = V / t = 30,7 / 60 \approx 0,512$ см³/мин.

При $t = 80$ мин, $V = 32,4$ см³.

$k_0' = V / t = 32,4 / 80 = 0,405$ см³/мин.

При $t = 100$ мин, $V = 33,1$ см³.

$k_0' = V / t = 33,1 / 100 = 0,331$ см³/мин.

Полученные значения k_0' : 0,930; 0,673; 0,512; 0,405; 0,331 см³/мин.

Эти величины не являются постоянными, а монотонно уменьшаются со временем. Экспериментальные данные не соответствуют кинетическому

уравнению нулевого порядка. Следовательно, реакция разложения N_2O_5 в данном эксперименте не является реакцией нулевого порядка.

Проверка первого порядка реакции: $\ln \frac{V_\infty}{V_\infty - V_t} = kt.$

Рассчитываем значения:

При $t = 20$ мин, $V = 18,6$ см³.

$$V_\infty - V = 33,75 - 18,6 = 15,15 \text{ см}^3.$$

$$V_\infty / (V_\infty - V) = 33,75 / 15,15 \approx 2,22772.$$

$$\ln(2,22772) \approx 0,8008.$$

$$k = 0,8008 / 20 \approx 0,040 \text{ мин}^{-1}.$$

При $t = 40$ мин, $V = 26,9$ см³.

$$V_\infty - V = 33,75 - 26,9 = 6,85 \text{ см}^3.$$

$$V_\infty / (V_\infty - V) = 33,75 / 6,85 \approx 4,92701.$$

$$\ln(4,92701) \approx 1,5947.$$

$$k = 1,5947 / 40 \approx 0,040 \text{ мин}^{-1}.$$

При $t = 60$ мин, $V = 30,7$ см³.

$$V_\infty - V = 33,75 - 30,7 = 3,05 \text{ см}^3.$$

$$V_\infty / (V_\infty - V) = 33,75 / 3,05 \approx 11,06557.$$

$$\ln(11,06557) \approx 2,4036.$$

$$k = 2,4036 / 60 \approx 0,040 \text{ мин}^{-1}.$$

При $t = 80$ мин, $V = 32,4$ см³.

$$V_\infty - V = 33,75 - 32,4 = 1,35 \text{ см}^3.$$

$$V_\infty / (V_\infty - V) = 33,75 / 1,35 = 25,00000.$$

$$\ln(25,00000) \approx 3,2189.$$

$$k = 3,2189 / 80 \approx 0,040 \text{ мин}^{-1}.$$

При $t = 100$ мин, $V = 33,1$ см³.

$$V_\infty - V = 33,75 - 33,1 = 0,65 \text{ см}^3.$$

$$V_\infty / (V_\infty - V) = 33,75 / 0,65 \approx 51,92308.$$

$$\ln(51,92308) \approx 3,9497.$$

$$k = 3,9497 / 100 \approx 0,040 \text{ мин}^{-1}.$$

Среднее значение составляет около $0,040 \text{ мин}^{-1}$. Константа k остаётся практически постоянной, что соответствует кинетическому уравнению первого порядка. Следовательно, реакция разложения N_2O_5 в данном эксперименте является реакцией первого порядка.

Проверка второго порядка реакции

Используем уравнение: $\frac{1}{V_\infty - V} - \frac{1}{V_\infty} = k't$, где $V_\infty = 33,75 \text{ см}^3$.

При $t = 20$ мин, $V = 18,6 \text{ см}^3$.

$$V_\infty - V = 15,15 \text{ см}^3.$$

$$1/(V_\infty - V) = 1/15,15 \approx 0,066006.$$

$$1/V_\infty = 1/33,75 \approx 0,029630.$$

$$\text{Их разность: } 0,066006 - 0,029630 = 0,036376.$$

$$k' = 0,036376 / 20 \approx 0,0020 \text{ см}^{-3} \cdot \text{мин}^{-1}.$$

При $t = 40$ мин, $V = 26,9 \text{ см}^3$.

$$V_\infty - V = 6,85 \text{ см}^3.$$

$$1/(V_\infty - V) = 1/6,85 \approx 0,145985.$$

$$\text{Разность: } 0,145985 - 0,029630 = 0,116355.$$

$$k' = 0,116355 / 40 \approx 0,0029 \text{ см}^{-3} \cdot \text{мин}^{-1}.$$

При $t = 60$ мин, $V = 30,7 \text{ см}^3$.

$$V_\infty - V = 3,05 \text{ см}^3.$$

$$1/(V_\infty - V) = 1/3,05 \approx 0,327869.$$

$$\text{Разность: } 0,327869 - 0,029630 = 0,298239.$$

$$k' = 0,298239 / 60 \approx 0,0050 \text{ см}^{-3} \cdot \text{мин}^{-1}.$$

При $t = 80$ мин, $V = 32,4 \text{ см}^3$.

$$V_\infty - V = 1,35 \text{ см}^3.$$

$$1/(V_\infty - V) = 1/1,35 \approx 0,740741.$$

$$\text{Разность: } 0,740741 - 0,029630 = 0,711111.$$

$$k' = 0,711111 / 80 \approx 0,0089 \text{ см}^{-3} \cdot \text{мин}^{-1}.$$

При $t = 100$ мин, $V = 33,1 \text{ см}^3$.

$$V_\infty - V = 0,65 \text{ см}^3.$$

$$1/(V_{\infty} - V) = 1/0,65 \approx 1,538462.$$

$$\text{Разность: } 1,538462 - 0,029630 = 1,508832.$$

$$k' = 1,508832 / 100 \approx 0,0151 \text{ см}^{-3} \cdot \text{мин}^{-1}.$$

Значения **k'** **не постоянны**, а возрастают от 0,0020 до 0,0151, то есть в 7,55 раз. Это доказывает, что реакция **не является** реакцией второго порядка.

3. Период полупревращения $t_{1/2}$ (в мин) при 40 °C:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0,693}{0,040} \approx 17,32 \text{ мин}$$

4. $k = \ln(2) / t_{1/2} = \ln(2) / 35 \approx 0,020 \text{ мин}^{-1}$,

$$k_{40^{\circ}\text{C}} = 0,040 \text{ мин}^{-1}.$$

$$k_{30^{\circ}\text{C}} = 0,020 \text{ мин}^{-1}.$$

$$30^{\circ}\text{C} = 303 \text{ К}, 40^{\circ}\text{C} = 313 \text{ К}$$

$$E_a = \frac{RT_2T_1}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_{40}}{k_{30}} = \frac{8,314 \times 313 \times 303}{313 - 303} \ln \frac{0,040}{0,020} = 54,7 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

5. Разложение N_2O_5 - реакция первого порядка $2\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$

$$\text{Скорость: } v = k[\text{N}_2\text{O}_5].$$

Пусть $t_{1/2}$ — период полураспада.

$$\text{Тогда время } t = 2 \cdot t_{1/2}.$$

$$\text{Для первого порядка: } t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

$$\text{Значит: } t = 2 \cdot \frac{\ln 2}{k} = \frac{2 \ln 2}{k}$$

Кинетическое уравнение для первого порядка

$$C = C_0 e^{-kt}$$

$$\text{Доля оставшегося вещества: } \frac{C}{C_0} = e^{-kt}$$

$$\text{Подставляем } t = \frac{2 \ln 2}{k}:$$

$$\frac{C}{C_0} = e^{-k \cdot \frac{2 \ln 2}{k}} = e^{-2 \ln 2} = e^{\ln 2^{-2}} = \frac{1}{2^2} = \frac{1}{4}$$

Доля разложившегося вещества

Если осталось $\frac{1}{4}$ от начального, значит разложилось:

$$1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4} = 0,75$$

Расчёт оставшейся концентрации N_2O_5 :

$$C = C_0 \times (1 - \alpha)$$

где $\alpha = 0,75$ — доля разложения.

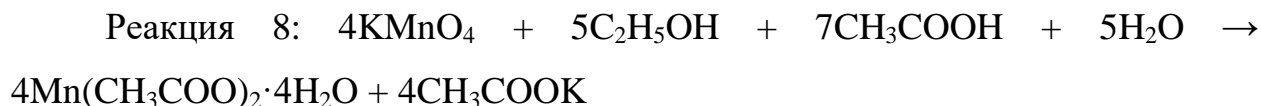
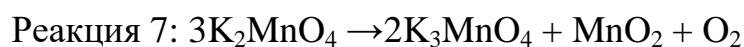
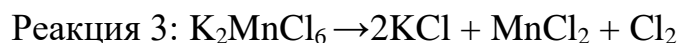
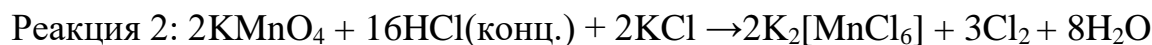
$$C = 0,200 \times (1 - 0,75) = 0,200 \times 0,25 = 0,0500 \text{ моль/л.}$$

Через время $t = 2t_{1/2}$ концентрация N_2O_5 составит 0,0500 моль/л.

Задача 5.

Решение:

A	B	C
$KMnO_4$	Mn_2O_7	K_2MnCl_6
D	E	F
$MnCl_2$	MnO_2	K_3MnO_4
G		
K_2MnO_4		
H	I	J
$Mn(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$	$K_4[Mn(CN)_6] \cdot 3H_2O$	$K_2[MnF_6]$



ХИМИЯ 11 КЛАСС
КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ
Вариант I

Задача 1.

1. За установление структурной формулы соединения **A** – **1 балл**.
2. За установление структурной формулы соединения **B** – **2 балла**.
3. За установление структурной формулы соединения **C** – **2 балла**.
4. За установление структурной формулы соединения **D** – **3 балла**.
5. За установление структурной формулы соединения **E** – **3 балла**.
6. За установление структурной формулы соединения **F** – **3 балла**.
7. За установление структурной формулы соединения **G** – **4 балла**.

Итого: 18 баллов

Задача 2.

1. За установление структурной формулы соединения **A** – **2 балла**.
2. За установление структурной формулы соединения **B** – **2 балла**.
3. За установление структурной формулы соединения **C** – **2 балла**.
4. За установление структурной формулы соединения **D** – **2 балла**.
5. За установление структурной формулы соединения **X** – **2 балла**.
6. За установление структурной формулы соединения **W** – **2 балла**.
7. За установление структурной формулы соединения **Y** – **2 балла**.

Итого: 14 баллов

Задача 3.

1. За написание схем позитронного распада для ^{11}C , ^{18}F , ^{68}Ga по 1 баллу – всего **3 балла**.
2. За установление структурных формул соединений **A** – **M** и ^{18}F Флубатина по 1 баллу – всего **14 баллов**.
3. За полностью правильное указание хиральных центров в молекуле (-)-Флубатина – **2 балла**.
4. За объяснение символа (-); невозможности синтеза (+)- ^{18}F Флубатина из **L**; идентичности химических свойств нерадиоактивного Флубатина и радиоактивного ^{18}F Флубатина по 1 баллу – всего **3 балла**.
5. За установление радиохимического выхода – **4 балла**.

б. За написание уравнений ядерных реакций по 1 баллу – всего **4 балла**.

Итого: 30 баллов

Задача 4.

Критерии:

1. За верное заполнение ячеек таблицы – по 1 баллу – **9 баллов**
2. За верное определение порядка реакции реакции разложения N_2O_5 – **3 балла**
3. За верный расчет константы скорости реакции k и период полуразложения $t_{1/2}$ (в мин) – по 1,5 балла – **2 балла**
4. За верный расчет энергии активации реакции (в кДж/моль) – **3 балла**
5. За верный расчет доли разложившегося вещества – **1 балл**

Итого 18 баллов

Задача 5.

Критерии:

1. За верное определение веществ А, В, С, D, Е, F, G, H, I, J — по 0,5 балла за каждое – **5 баллов**
2. По 1,5 балла за каждое правильное и уравненное уравнение в цепочке - 10 уравнений – **15 баллов**
(Если реакция записана верно, но не уравнена – 1 балл)

Итого: 20 баллов

Химия. 11 класс. 2 вариант

Работа рассчитана на 240 минут

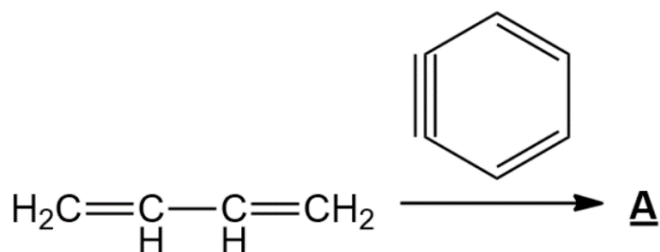
Задача 1. Вездесущие циклы

Циклические органические соединения окружают нас повсюду. Нуклеиновые кислоты, полисахариды, ряд протеиногенных аминокислот (гистидин, пролин, тирозин и т.д.), многие витамины и лекарственные препараты – все эти соединения содержат в своей структуре циклические фрагменты. По этой причине разработка новых методов синтеза циклических молекул является одной из наиболее актуальных задач современного органического синтеза.

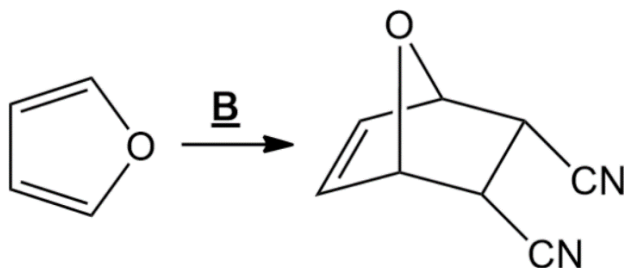
На схемах далее представлены способы синтеза различных циклических молекул, содержащих от трёх до шести членов. Установите строение соединений **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**, если известно, что:

- массовая доля кислорода в соединении **C** составляет 38,1 %;
- при фотолитическом разложении диазومتана образуется высокорекреационноспособная частица, содержащая 14,3 масс. % водорода. Присоединение её к исходному сложному эфиру приводит к **F**;
- массовая доля азота в соединении **E** составляет 13,1 %.

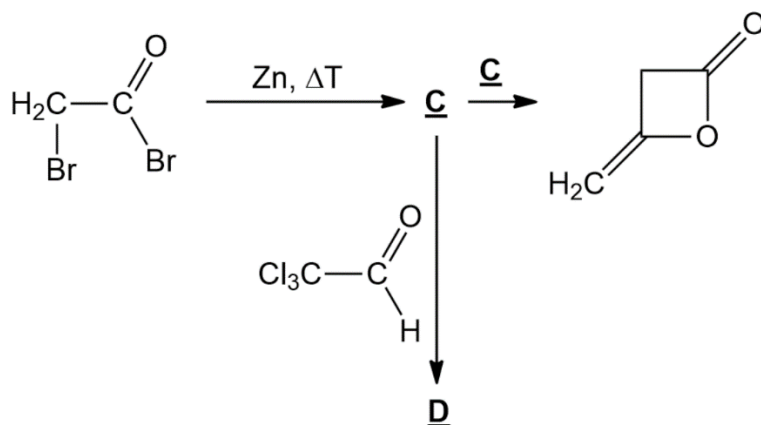
1.



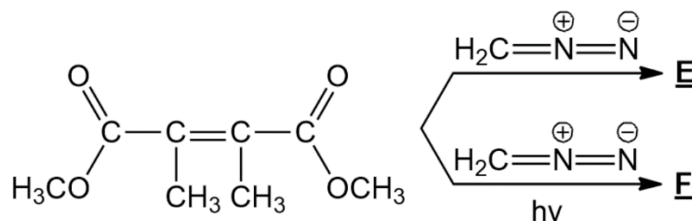
2.



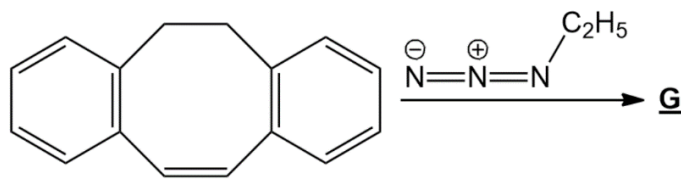
3.



4.



5.



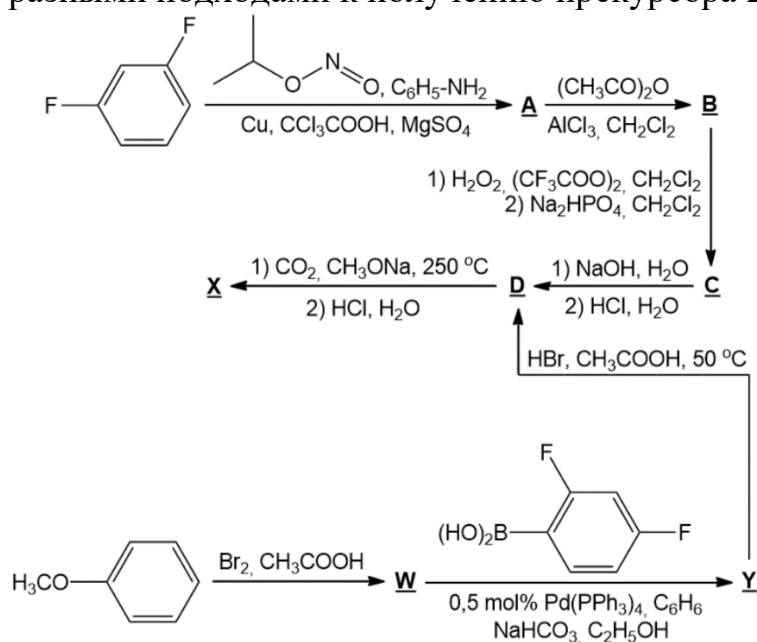
(18 баллов)

Задача 2. Не аспирином единым

Дифлунисал (**X**) – это нестероидный противовоспалительный лекарственный препарат, синтезированный и зарегистрированный компанией Merck в 1970-х годах. В первоначальном патенте Merck ключевой стадией синтеза дифлунисала (получение прекурсора **A**) была одна из модификаций реакции Гомберга-Бахмана. В отличие от традиционного варианта выполнения данного превращения, в данной модификации отсутствует стадия выделения соли диазония, а для её получения в качестве диазотирующего агента применяется изопропилнитрит, в кислой среде выступающий в роли донора катиона нитрозония (NO^+). Образующийся катион диазония сразу же вступает в реакцию с арилируемым соединением, что позволяет получить соединение **A** с относительно высокими выходами.

В то же время последние годы было предложено множество новых способов синтеза этого препарата, в т.ч. с использованием катализаторов на основе комплексов переходных металлов (нижняя часть схемы).

На схеме ниже представлено два способа синтеза дифлунисала **X**, отличающиеся разными подходами к получению прекурсора **D**:



Установите структурные формулы соединений **A**, **B**, **C**, **D**, **X**, **W**, **Y**, если известно, что:

- соединение **A** не содержит в своём составе азота;
- реакция **B** → **C** сопровождается увеличением количества атомов кислорода в молекуле на единицу;
- соединение **W** является пара-изомером;
- реакция **Y** → **D** протекает по S_N2-механизму.

(14 баллов)

Задача 3. Радиохимические штучки 2

«Если ты упал в ядерный реактор,
то не важно, с какой высоты»

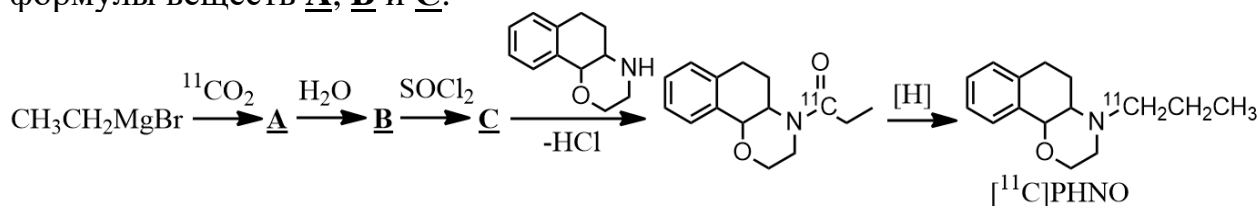
Народная мудрость

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) – метод, основанный на использовании препаратов, содержащих ультракороткоживущие радионуклиды, претерпевающие позитронный распад (к примеру, углерод-11, фтор-18 и галлий-68), играет важную роль в современной медицинской диагностике. ПЭТ позволяет изучать важнейшие физиологические функции организма, фиксировать тонкие биохимические процессы, лежащие в основе различных патологических состояний, проводить диагностику и качественную оценку онкологических, психоневрологических и кардиологических заболеваний.

1) Запишите схемы позитронного распада для ¹¹C, ¹⁸F, ⁶⁸Ga.

2) Один из препаратов на основе углерода-11, [¹¹C]PHNO, является специфичным к дофаминовому рецептору D₃. [¹¹C]PHNO важный визуализирующий агент, благодаря которому возможно устанавливать изменения концентрации внеклеточного дофамина.

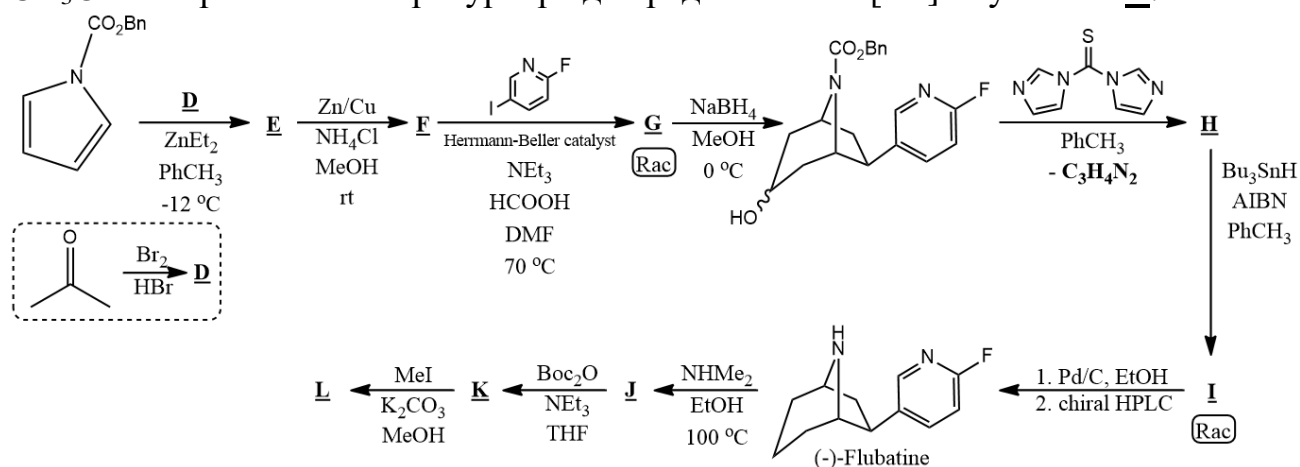
Расшифруйте схему синтеза [¹¹C]PHNO, установив структурные формулы веществ **A**, **B** и **C**.



3) Самым часто используемым радионуклидом в ПЭТ исследованиях (ввиду оптимальных периода полураспада (T_{1/2}(¹⁸F) = 109,7 мин) и энергии позитронов (E(e⁺) = 635 кэВ)) является фтор-18. Относительно большой период полураспада фтора-18 дает возможность проводить сложные многостадийные синтезы РФЛП и получать несколько клинических доз препаратов за один синтез.

К примеру, одним из таких препаратов является [¹⁸F]Флубатин ([¹⁸F]Flubatine), использующийся для раннего выявления болезни Альцгеймера и исследования когнитивных дисфункций при болезни Паркинсона.

Прекурсор для радиосинтеза $[^{18}\text{F}]$ флубатина получают в несколько стадий. В результате реакции [4+3]-циклоприсоединения между производным пиррола (атом азота в котором защищен бензилоксикарбонильной группой) и бромсодержащим соединением **D** в присутствии диэтилцинка образуется бициклическое соединение **E**, которое далее обрабатывается цинк-медной парой в среде $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{CH}_3\text{OH}$ при комнатной температуре (rt) с образованием вещества **F**. **F** в условиях реакции гидроарилации в присутствии катализатора Херрманна-Беллера реагирует с 5-иод-2-фторпиридином с образованием соединения **G**, которое затем восстанавливается борогидридом натрия. Полученный на этой стадии полупродукт затем обрабатывается 1,1'-тиокарбонилдиимидазолом с образованием соединений **H** и $\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2$. Соединение **H** сначала взаимодействует с Bu_3SnH с образованием вещества **I**, с которого затем снимается защитная группировка при кипячении в циклогексене и этаноле в присутствии Pd/C , а полученная смесь энантиомеров разделяется при помощи хиральной высокоэффективной жидкостной хроматографии. (-)-Флубатин, являющийся нерадиоактивным аналогом (-)- $[^{18}\text{F}]$ Флубатина, сначала обрабатывается диметиламином в этаноле при нагревании (образуется вещество **J**), а затем аминогруппа защищается ди-*трет*-бутилкарбонатом (Boc_2O) в среде триэтиламина в тетрагидрофуране (THF, ТГФ) (образуется вещество **K**). Соединение **K** на последнем этапе синтеза обрабатывается избытком метилиодида в K_2CO_3 , CH_3OH с образованием прекурсора для радиосинтеза $[^{18}\text{F}]$ Флубатина **L**.



Справочные данные:

Вещество **D** образуется при бромировании ацетона в HBr .

Массовая доля брома в **D**: $\omega(\text{Br}) = 85,56 \%$.

Число атомов брома в **D** и **E** отличается на 2.

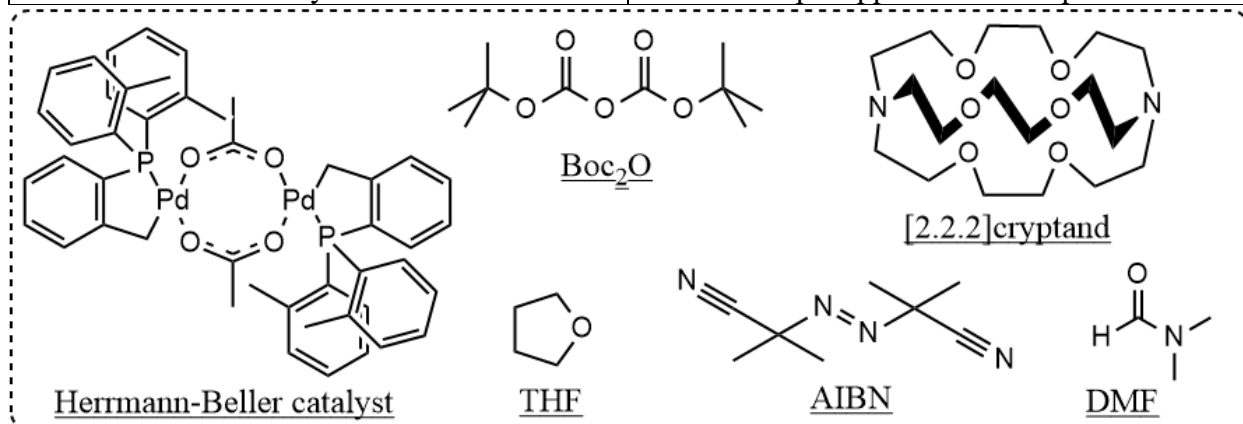
Число атомов брома в **F** и **E** отличается на 2.

Вещества **G** и **I** представляют собой смесь энантиомеров (*Rac* – *racemic*, рацемический).

Список сокращений:

Me-	Метил
Et-	Этил
Bu-	н-Бутил
Bn-	Бензил

Ph-	Фенил
DMF	Диметилформамид
AIBN	Азобисизобутиронитрил
THF	Тетрагидрофуран
Herrmann-Beller catalyst	Катализатор Херрманна-Беллера



Установите структурные формулы соединений **D**, **E**, **F**, **G**, **H**, **I**, **J**, **K**, **L** (указание стереохимической информации для этих соединений не оценивается).

Обозначьте (символом *) все хиральные атомы углерода в молекуле (-)-Флубатина.

Что означает (-) в названии соединения?

4) [¹⁸F]Флубатин синтезируется в две стадии из прекурсора **L**. На первой стадии **L** обрабатывается радиоактивным фторидом калия ([¹⁸F]KF) в присутствии криптанда[2.2.2] ([2.2.2]cryptand) и карбоната калия в ацетонитриле (образуется соединение **M**), а на завершающей стадии происходит снятие защиты с образованием [¹⁸F]Флубатина.

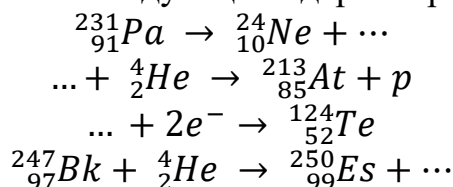
Установите структурные формулы соединений **M** и [¹⁸F]Флубатина.

Может ли в результате радиосинтеза из п.4 получиться (+)-[¹⁸F]Флубатин? Ответ объясните.

Отличаются ли химические свойства нерадиоактивного Флубатина и радиоактивного [¹⁸F]Флубатина?

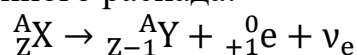
Как правило, радиосинтез из прекурсора **L** занимает порядка 30 минут. Установите радиохимический выход (РХВ) [¹⁸F]Флубатина, учитывая, что исходная активность фтора-18 равнялась 20 ГБк, а выходы химических реакций (η) на обеих стадиях равны 85 %.

5) Закончите уравнения следующих ядерных реакций:



Справочные данные:

Общая схема позитронного распада:



Закон радиоактивного распада:

$$N_t = N_0 \exp(-\lambda t),$$

где N_t – число атомов к моменту времени t , N_0 – начальное число атомов, λ – постоянная распада:

$$\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$$

где $T_{1/2}$ – период полураспада.

Активность радиоактивного источника (A) – это число распадов в единицу времени [$\text{с}^{-1} = \text{Бк}$].

$$A = \frac{N_0 \ln 2}{T_{1/2}}$$

Радиохимический выход вещества **2** относительно вещества **1**:

$$\text{РХВ}(\%) = A[^{18}\text{F}]_2 / A[^{18}\text{F}]_1 * 100 \%,$$

где $A[^{18}\text{F}]_2$ – активность ^{18}F в соединении **2** в конце синтеза, $A[^{18}\text{F}]_1$ – активность ^{18}F в соединении **1** на начало синтеза.

(30 баллов)

Задача 4. Химический детектив: кислородный след

Разложение пентаоксида динитрогена в инертных растворителях приводит к образованию диоксида азота и кислорода. При изучении процесса диссоциации N_2O_5 в трихлорфторметане при 37°C были получены следующие экспериментальные данные (н.у.):

Время, мин	20	40	60	80	100	∞
Объем кислорода, см^3	10,4	18,9	22,9	26,2	28,5	33,75

1. Заполните таблицу, указав решение кинетического уравнения, выражение для периода полупревращения и размерность константы скорости для реакций нулевого, первого и второго порядков.

Порядок реакции	Кинетическое уравнение	Решение кинетического уравнения	Период полупревращения	Размерность константы
0	$-\frac{dC}{dt} = k$ $(\frac{\Delta C}{\Delta t} = -k)$			
1	$-\frac{dC}{dt} = kC$ $(\frac{\Delta C}{\Delta t} \approx -kC)$			
2	$-\frac{dC}{dt} = kC^2$ $(\frac{\Delta C}{\Delta t} \approx -kC^2)$			

2. Определите порядок реакции разложения N_2O_5 в данном эксперименте. Для этого используйте метод подбора порядка по интегральному уравнению.

3. Рассчитайте константу скорости реакции k и период полураспада $t_{1/2}$ (в мин).

4. При 50 °С период полупревращения $t_{1/2}$ составляет 825 с. Рассчитайте энергию активации реакции (в кДж/моль).

5. Какая доля N_2O_5 разложится за время, равное утроенному периоду полураспада, если начальная концентрация N_2O_5 составляла 0,180 моль/л.

Справочные данные и указания:

Универсальная газовая постоянная: $R = 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$.

Уравнение Аррениуса: $k = Ae^{-E_a/(RT)}$, где R – универсальная газовая постоянная; A – предэкспоненциальный множитель, который не зависит от температуры, а определяется только видом реакции; E_A – энергия активации, которую можно охарактеризовать как некоторую пороговую энергию, необходимую для осуществления реакции.

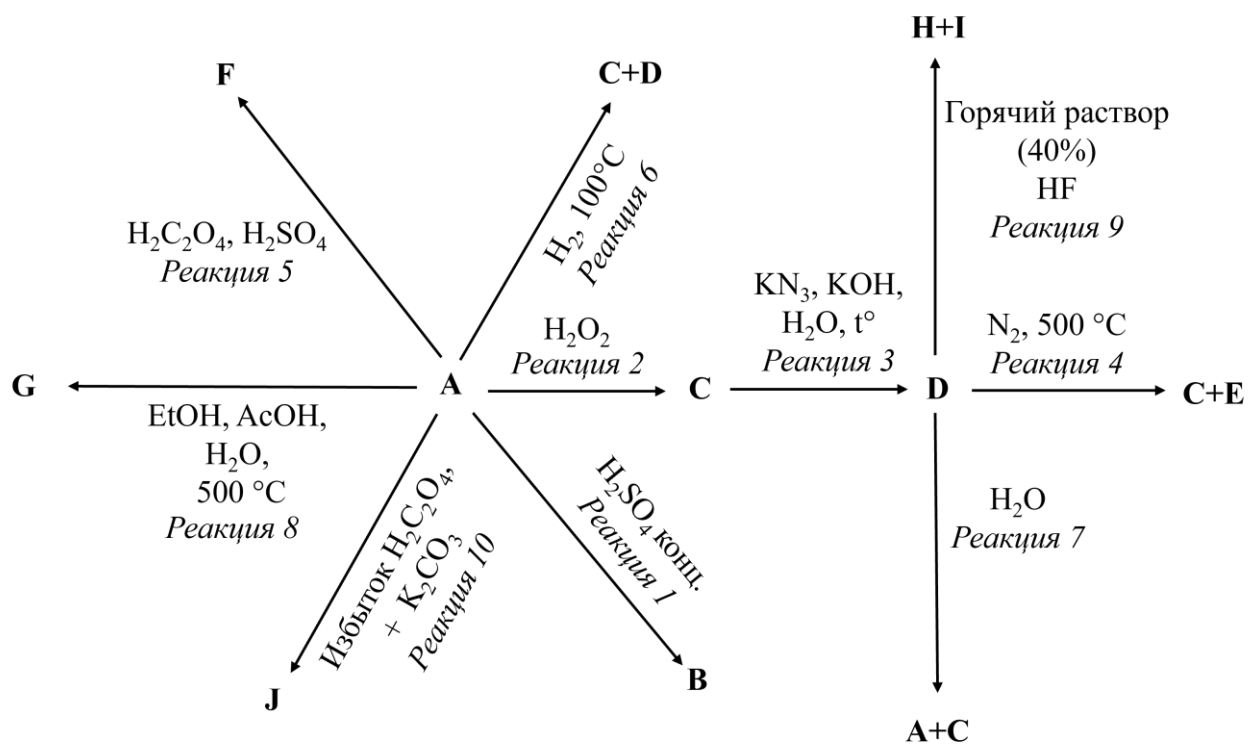
Метод подбора заключается в подстановке экспериментальных данных в кинетические уравнения различных порядков и выяснении, какое из этих уравнений приводит к постоянному значению константы скорости.

(18 баллов)

Задача 5. Цветная химия элемента X

Кристаллическое вещество **A** является исходным материалом для синтеза в лабораторных условиях соединений элемента **X** с различными степенями окисления (см. схему и таблицу). Разбавленный водный раствор **A** имеет малиновый цвет и является распространённым антисептическим средством. **I** – бинарное соединение, которое используется как флюс в сварочных и паяльных работах, **C** – оксид, **G** – соль, тетрагидрат, **H** и **J** – комплексные соединения. Координационное число элемента **X** во всех комплексных соединениях равно 6. Реакция 4 – разложение, реакции 7 и 9 – диспропорционирование.

Вещество	Цвет вещества	$\omega(X)$, %
A	Темно-фиолетовый	
B	Зеленовато-бурый	49,52
C	Темно-коричневый	
D	Темно-зеленый	27,87
E	Сине-зеленый	23,27
F	Светло-розовый	
G	Бледно-розовый	22,42
H	Желтый	22,23
I	-	0
J	Темный красно-фиолетовый	12,59



1. Установите соединения **A–J**.
2. Напишите все приведённые на схеме уравнения реакций.

(20 баллов)

Периодическая система химических элементов

1																	18								
1	H 1 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 2 4,0026 0 Гелий Helium	1						
2	Li 3 6,94 +1 Литий Lithium	Be 4 9,0122 +2 Бериллий Beryllium																	B 5 10,81 +3 Бор Boron	C 6 12,011 +4 Углерод Carbon	N 7 14,007 +3 Азот Nitrogen	O 8 15,999 -2 Кислород Oxygen	F 9 18,998 -1 Фтор Fluorine	Ne 10 20,1798 0 Неон Neon	2
3	Na 11 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 12 24,305 +2 Магний Magnesium																	Al 13 26,9815 +3 Алюминий Aluminium	Si 14 28,085 +4 Кремний Silicon	P 15 30,9738 +5 Фосфор Phosphorus	S 16 32,06 +6 Сера Sulfur	Cl 17 35,45 -1 Хлор Chlorine	Ar 18 39,95 0 Аргон Argon	3
4	K 19 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 20 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 21 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 22 47,867 +4 Титан Titanium	V 23 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 24 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 25 54,938 +2 Марганец Manganese	Fe 26 55,845 +3 Железо Iron	Co 27 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 28 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 29 63,546 +2 Медь Copper	Zn 30 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 31 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 32 72,63 +4 Германий Germanium	As 33 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 34 78,971 +4 Селен Selenium	Br 35 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 36 83,798 0 Криптон Krypton	4						
5	Rb 37 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 38 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 39 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 40 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 41 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 42 95,95 +6 Молибден Molybdenum	Tc 43 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 44 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 45 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 46 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 47 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 48 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 49 114,818 +3 Индий Indium	Sn 50 118,71 +4 Олово Tin	Sb 51 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 52 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 53 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 54 131,293 0 Ксенон Xenon	5						
6	Cs 55 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 56 137,327 +2 Барий Barium	La 57 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 72 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 73 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 74 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 75 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 76 190,23 +8 Осмий Osmium	Ir 77 192,217 +4 Иридий Iridium	Pt 78 195,084 +2 Платина Platinum	Au 79 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 80 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 81 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 82 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 83 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 84 208,9824 +4 Полоний Polonium	At 85 [210] -1 Астат Astatine	Rn 86 [222] 0 Радон Radon	6						
7	Fr 87 [223] +1 Франций Francium	Ra 88 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 89 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf 104 [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db 105 [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg 106 [269] (+6) Сиборгий Seaborgium	Bh 107 [270] (+7) Борий Bohrium	Hs 108 [269] (+8) Хассий Hassium	Mt 109 [278] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn 112 [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh 113 [286] ? Нихоний Nihonium	Fl 114 [290] ? Флеровий Flerovium	Mc 115 [290] ? Московский Moscovium	Lv 116 [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts 117 [294] ? Теннесси Tennessine	Og 118 [294] ? Оганесон Oganesson	7						
				Ce 58 140,116 +3 Церий Cerium	Pr 59 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 60 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm 61 [145] +3 Прометий Promethium	Sm 62 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 63 151,964 +3 Европий Europium	Gd 64 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 66 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 68 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 69 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 70 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 71 174,9668 +3 Лютеций Lutetium								
				Th 90 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 91 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 92 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 93 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu 94 [244] +3 Плутоний Plutonium	Am 95 [243] +3 Америций Americium	Cm 96 [247] +3 Кюрий Curium	Bk 97 [247] +3 Берклий Berkelium	Cf 98 [251] +3 Калифорний Californium	Es 99 [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 [257] +3 Фермий Fermium	Md 101 [258] +3 Менделевий Mendelevium	No 102 [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr 103 [266] +3 Лоуренсий Lawrencium								

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	Н
F ⁻	Р	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	М	Н	Н	Н	Р	Р	Р	–	Н	Р	Р
Cl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	М	Р	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р	?	Р	Р	Н	Н	Н	М	?
S ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	–	–	–	Н	–	–	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HS ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	–	Н	?	?	М	Н	Н	Н	?	?
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	–	Н	Р	Р
HSO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	–	?	?	?	?	?	?	?	?	Н	?	?
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
NO ₂ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	М	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	Р	Н	Р	Р	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HPO ₄ ²⁻	Р	?	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	?	Н	?	Н	?	?	?	М	Н	?
H ₂ PO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	Р	Р	Р	?	–	?	?
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	?	Н
HCO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	?	?	?	?	Р	?	?
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р	Р	–	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
SiO ₃ ²⁻	Н	Н	Р	Р	?	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	?	Н	Н	?	?	Н	?	?
MnO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	Р	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	?	Н	?	?	?	Р	?	?	Н	Н	М	?	Р
CrO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Н	?	?	?	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
ClO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р
ClO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р

«Р» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«М» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«Н» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«–» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au →

активность металлов уменьшается →

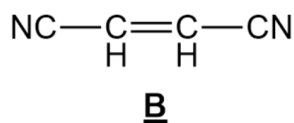
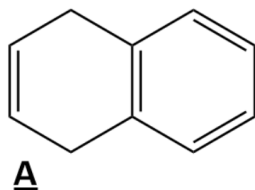
ХИМИЯ 11 КЛАСС

Вариант II ответы

Задача 1.

1) Первые два пункта задачи представляют из себя классические примеры реакции Дильса-Альдера – [4+2]-циклоприсоединения. Поскольку дегидробензол характеризуется очень большим угловым напряжением, он является активным диенофилом и легко присоединяется к бутадиену с образованием шестичленного цикла **A**.

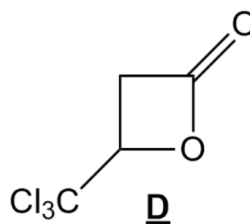
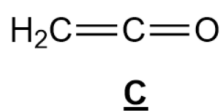
Хотя фуран и является ароматическим гетероциклом, он также проявляет свойства сопряжённого диена. Ввиду его циклического строения, продукты [4+2]-циклоприсоединения к этому субстрату имеют мостиковую структуру. В данном случае диенофилом является 1,2-цианоэтилен **B** – олефин, активированный двумя сильными акцепторными заместителями (CN).



(3 балла)

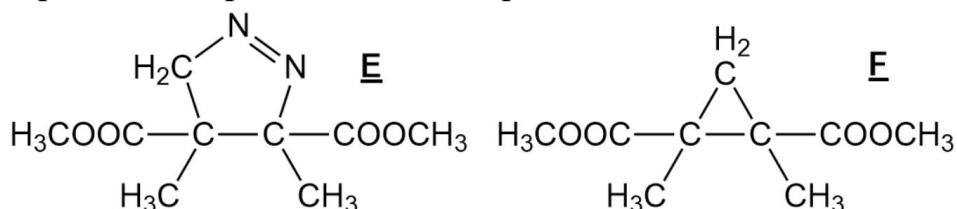
2) При взаимодействии цинка с бромангидридом монобромуксусной кислоты протекает реакция дегалогенирования и образуется кетен **C**. Он достаточно легко димеризуется по типу [2+2]-циклоприсоединения с образованием т.н. “дикетена” – 4-метиленоксетан-2-она, что также можно использовать для установления структуры кетена.

При взаимодействии кетена с хлоралем (трихлорацетальдегидом) также протекает реакция [2+2]-циклоприсоединения, при этом образуется лактон **D**.



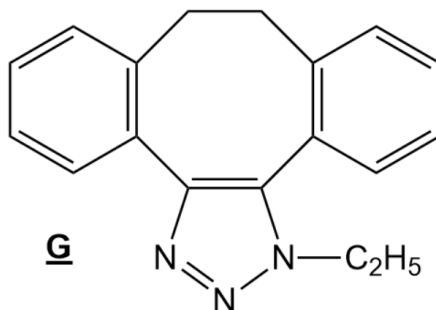
(5 баллов)

3) Диазометан является классическим представителем 1,3-диполей. В зависимости от условий он взаимодействует с диполярфилами по-разному. При фотолизе он отщепляет молекулу азота с образованием высокореакционноспособного синглетного карбена CH_2 , который легко присоединяется к олефинам с образованием производных циклопропана. Если же проводить реакцию в отсутствие света, реакция диазометана с алкенами приводит к производным 1-пиразолина.



(6 баллов)

4) Взаимодействие дибензоциклооктина с этилазидом – это классический пример реакции азид-алкинового циклоприсоединения, промотируемого напряжением (strain-promoted azide-alkyne cycloaddition). Реакция протекает в мягких условиях и в отсутствие катализаторов, поскольку циклооктин содержит два sp -гибридных атома углерода, стремящихся принять линейную пространственную конфигурацию. В результате образуется производное 1,2,3-триазола **G**.

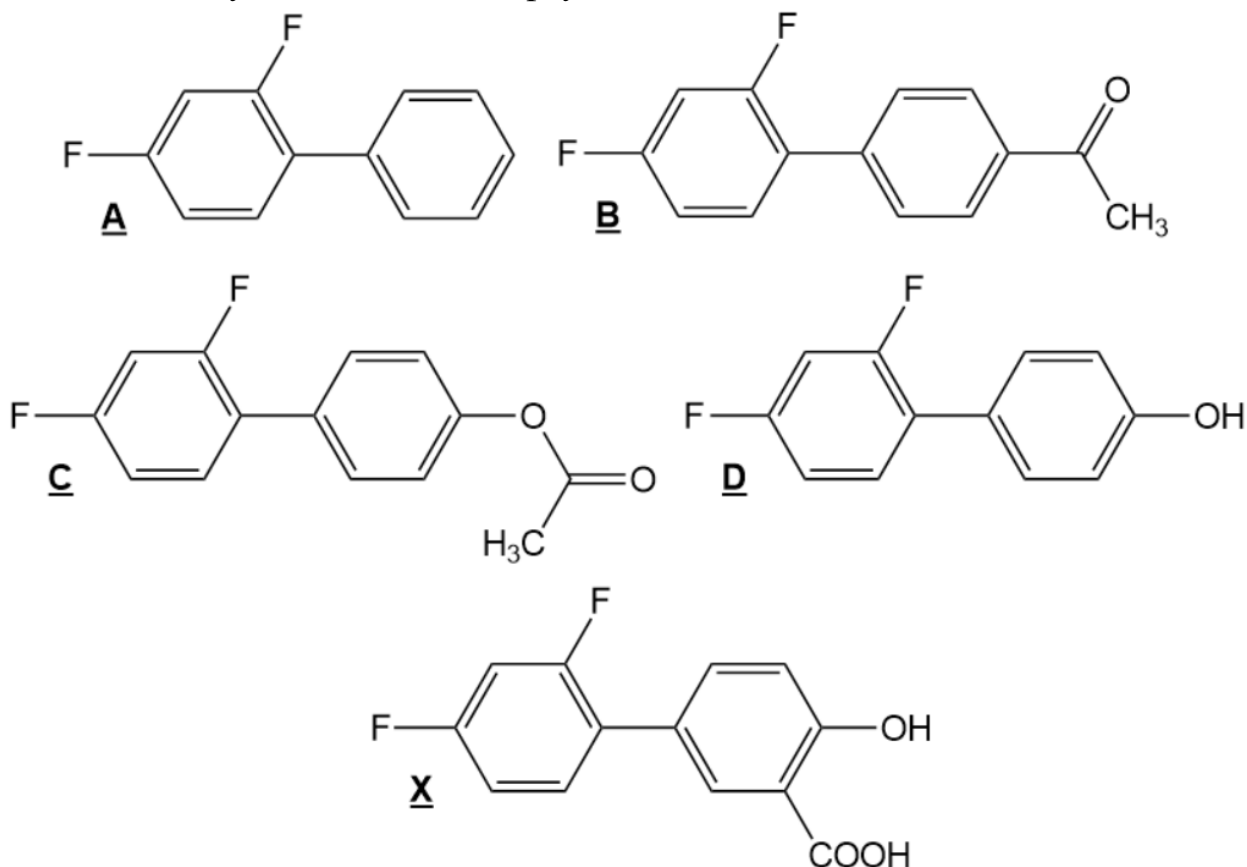


(4 балла)

Задача 2.

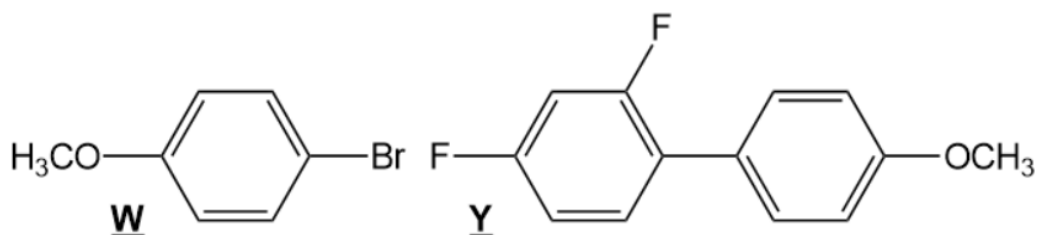
1) Начнём расшифровку представленной цепочки с верхней части схемы. По условию задачи реакция получения **A** из мета-дифторбензола и анилина – это одна из модификаций реакции Гомберга-Бахмана – сочетания солей диазония с аренами в щелочной среде, сопровождающегося образованием биариллов. Логично предположить, что ароматический амин в данной ситуации будет претерпевать подобное превращение, что будет сопровождаться образованием производного бифенила, а именно 2,4-дифторбифенила **A**. Ацилирование **A** уксусным ангидридом в присутствии кислот Льюиса приводит к соединению **B**; ацильный остаток при этом

замещает катион водорода в пара-положении кольца, не содержащего атомов фтора. Дальнейшее окисление **B** по Байеру-Виллигеру приводит к сложному эфиру **C**, отличающемуся от **B** на один атом кислорода. Гидролиз **C** в щелочной среде с последующим добавлением соляной кислоты сопровождается образованием фенола **D**, карбоксилирование которого в орто-положение по Кольбе-Шмитту в присутствии метилата натрия позволяет получить искомым дифлунисал **X**.



(10 баллов)

2) Иначе дифлунисал может быть получен с использованием реакций кросс-сочетания, как показано в нижней части схемы. На первой стадии анизол бромруют в среде уксусной кислоты с получением 4-броманизола **W**. Дальнейшее взаимодействие **W** с дифторзамещённой фенолборной кислотой при катализе тетраakis(трифенилфосфин) палладием – реакция кросс-сочетания Сузуки – приводит к образованию прекурсора **Y**. Для расщепления связи O-CH₃ **Y** обрабатывают раствором HBr в уксусной кислоте, при этом образуется CH₃Br и искомым фенол **D**.



(4 балла)

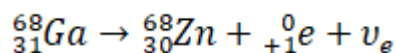
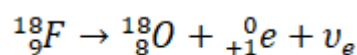
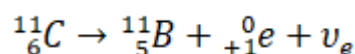
По материалам из публикаций:

https://www.researchgate.net/publication/225452889_One_step_synthesis_of_Diflunisal_using_a_Pd-diamine_complex

<https://doi.org/10.1039/P29810001021>

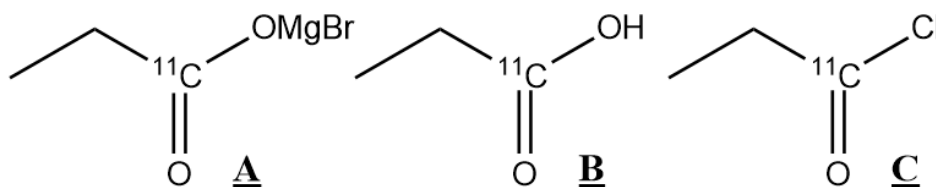
Задача 3.

1) Схемы позитронного распада (отсутствие нейтрино не считается ошибкой)



(3 балла)

2) Первая стадия в синтезе $[^{11}\text{C}]\text{PHNO}$ – взаимодействие этилмагнийбромида с $^{11}\text{CO}_2$ – приводит к образованию продукта **A** (реакция Гриньяра). При гидролизе **A** получается $[^{11}\text{C}]$ пропионовая кислота (**B**), взаимодействие которой с тионилхлоридом приводит к образованию хлорангирида **C**.



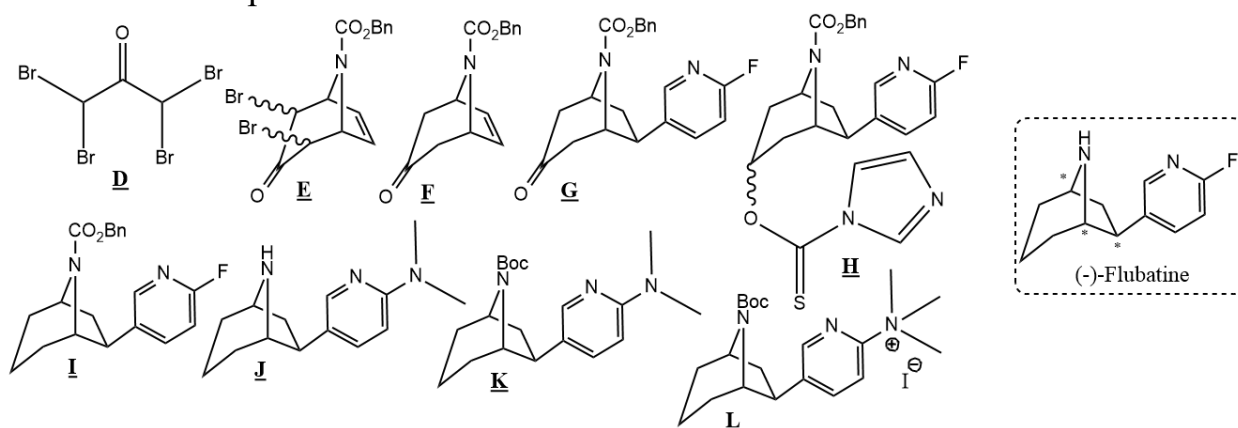
(3 балла)

3) В результате реакции [4+3]-циклоприсоединения между производным пиррола и бромсодержащим соединением **D** (1,1,2,2-тетрабромпропанон) в присутствии диэтилцинка образуется бициклическое

соединение **E**, которое далее дегалогенируется (судя по справочным данным для пар **D/E** и **E/F**, отличающихся друг от друга на 2 атома брома) цинк-медной парой в среде $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{CH}_3\text{OH}$ при комнатной температуре (rt) с образованием вещества **F**.

F в условиях реакции Хека в присутствии катализатора Херрманна-Беллера реагирует с 5-иод-2-фторпиридином с образованием соединения **G**, кето-группа которого затем восстанавливается борогидридом натрия. Полученный на этой стадии полупродукт затем обрабатывается 1,1'-тиокарбонилдиимидазолом с образованием соединений **H** и $\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2$ (имидазол. Вывод о нем можно сделать исходя из брутто-формулы и строения реагента). Соединение **H** сначала взаимодействует с гидридом трибутилолова с образованием вещества **I**, с которого затем снимается защитная группировка при кипячении в циклогексене и этаноле в присутствии Pd/C , а полученная смесь энантимеров разделяется при помощи хиральной высокоэффективной жидкостной хроматографии. (-)-Флубатин, являющийся нерадиоактивным аналогом (-)- ^{18}F Флубатина, сначала обрабатывается диметиламином в этаноле при нагревании (образуется вещество **J**), а затем – ди-*трет*-бутилкарбонатом (Boc_2O) в среде триэтиламина в тетрагидрофуране (образуется вещество **K**). Соединение **K** на последнем этапе синтеза обрабатывается избытком метилиодида в K_2CO_3 , CH_3OH с образованием прекурсора для радиосинтеза ^{18}F флубатина **L**.

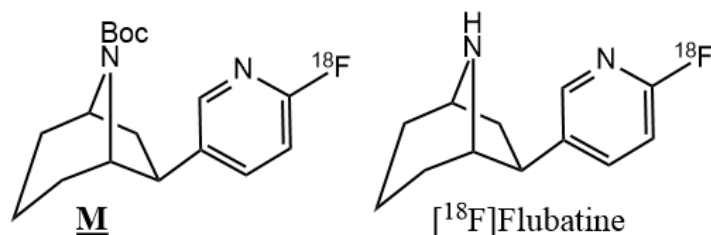
В молекуле (-)-Флубатина присутствуют три хиральных атома углерода, а (-) в его названии свидетельствует от направлении вращения плоскости поляризованного света.



(11 баллов)

4) ^{18}F Флубатин синтезируется в две стадии из прекурсора **L**. На первой стадии в условиях реакции нуклеофильного ароматического замещения **L** реагирует с ^{18}F KF (образуется соединение **M**), а на завершающей стадии происходит снятие защиты с образованием

непосредственно [^{18}F]Флубатина. Структура меченого фтором-18 флубатина несложно установить по его нерадиоактивному аналогу из п.3.



Поскольку в указанном синтезе прекурсор был определенной конфигурации, а хиральные центры в радиосинтезе не затрагиваются, то образование обращенного (+)-[^{18}F]Флубатина невозможно.

Также важно отметить, что химические свойства нерадиоактивного Флубатина и радиоактивного [^{18}F]Флубатина абсолютно идентичны, поскольку известно, что химические свойства атома не зависят от количества нейтронов в ядре.

Поскольку радиохимический выход [^{18}F]Флубатина определяется из активности фтора-18 в целевой молекуле на конец синтеза, то в расчетах необходимо учесть химические выходы на каждой из двух стадий синтеза.

По основному закону радиоактивного распада найдем активность фтора-18 через 30 минут:

$$A_t = A_0 \cdot \exp(-\ln 2 \cdot t / T_{1/2})$$

$$A_t = 20 \cdot \exp(-0,693 \cdot 30 / 109,7)$$

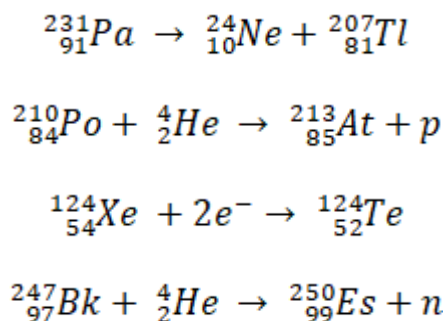
$$A_t = 16,55 \text{ ГБк}$$

Тогда РХВ:

$$\text{РХВ} = (16,55 \cdot 0,85 \cdot 0,85) / 20 \cdot 100\% = 59,8 \%$$

(5 баллов)

5)



(4 балла)

По материалам из статей:

[https://doi.org/10.1002/1099-0690\(200006\)2000:12<2195::AID-EJOC2195>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/1099-0690(200006)2000:12<2195::AID-EJOC2195>3.0.CO;2-C)

<https://doi.org/10.1039/P19920000787>

<https://doi.org/10.1039/C39890001368>

<https://doi.org/10.1002/anie.199518441>

<https://doi.org/10.33266/1024-6177-2022-67-3-59-66>

<https://doi.org/10.1016/j.bmc.2013.12.011>

Задача 4.

Решение:

1.

Порядок реакции	Кинетическое уравнение	Решение кинетического уравнения	Период полуревращения	Размерность константы
0	$-\frac{dC}{dt} = k$ $\left(\frac{\Delta C}{\Delta t} = -k\right)$	$C - C_0 = kt$	$t_{1/2} = \frac{C_0}{2k}$	моль·л ⁻¹ ·время ⁻¹
1	$-\frac{dC}{dt} = kC$ $\left(\frac{\Delta C}{\Delta t} \approx -kC\right)$	$\ln \frac{C_0}{C} = kt$	$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$	время ⁻¹
2	$-\frac{dC}{dt} = kC^2$ $\left(\frac{\Delta C}{\Delta t} \approx -kC^2\right)$	$\frac{1}{C_0} - \frac{1}{C} = kt$	$t_{1/2} = \frac{1}{kC_0}$	л · моль ⁻¹ · время ⁻¹

Скорость химической реакции определяется как изменение концентрации реагента (или продукта) со временем. Поскольку концентрация реагента убывает, скорость выражается через убыль концентрации.

Общий вид:

$$v = -\frac{dC}{dt}$$

где C - текущая концентрация реагента, t - время, знак "минус" компенсирует убывание.

Скорость реакции пропорциональна произведению концентраций реагентов в некоторых степенях, которые называются порядками реакции.

$$v = k \cdot C^n$$

Где k - константа скорости, n - порядок реакции.

Нулевой порядок (n = 0). Скорость не зависит от концентрации реагента.

$$v = k \cdot C^0 = k$$

Подставляем в основное определение скорости:

$$-\frac{dC}{dt} = k$$

Уравнение:

$$\frac{dC}{dt} = -k$$

(здесь $k > 0$, знак минус потому, что концентрация убывает).

Период полупревращения $t_{1/2}$ - когда $C = \frac{C_0}{2}$:

$$\frac{C_0}{2} = C_0 - kt_{1/2}$$

$$kt_{1/2} = C_0 - \frac{C_0}{2} = \frac{C_0}{2}$$

$$t_{1/2} = \frac{C_0}{2k}$$

Размерность k = размерность $\frac{[C]}{[t]}$ = моль·л⁻¹·с⁻¹

Первый порядок (n = 1). Скорость пропорциональна концентрации реагента в первой степени.

$$v = k \cdot C^1 = kC$$

Подставляем в основное определение скорости:

$$-\frac{dC}{dt} = kC$$

Период полупревращения:

$$\ln \frac{C}{C_0} = -kt \text{ или } C = C_0 e^{-kt}$$

$$\frac{C_0}{2} = C_0 e^{-kt_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-kt_{1/2}}$$

$$\ln 2 = kt_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

Размерность k :

$$\text{Из } \frac{dC}{dt} = kC \Rightarrow [k] = \frac{[\text{скорость}]}{[C]} = \frac{[C]/[t]}{[C]} = [t]^{-1} \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Второй порядок (n=2).

- Один реагент $2A \rightarrow$ продукты

Скорость пропорциональна квадрату концентрации этого реагента.

$$v = k \cdot C_A^2 = kC^2$$

Подставляем в основное определение:

$$-\frac{dC}{dt} = kC^2$$

- Два разных реагента $A + B \rightarrow$ продукты, при их одинаковых начальных концентрациях ($C_0^A = C_0^B$)

В любой момент времени $C_A = C_B = C$.

Закон действующих масс: $v = k \cdot C_A \cdot C_B = k \cdot C \cdot C = kC^2$

Снова получаем:

$$-\frac{dC}{dt} = kC^2$$

Если начальные концентрации разные, дифференциальное уравнение сложнее и записывается через концентрации каждого реагента в отдельности.

Уравнение:

$$\frac{dC}{dt} = -kC^2$$

Период полупревращения:

$$\frac{1}{C_0/2} = \frac{1}{C_0} + kt_{1/2}$$

$$\frac{2}{C_0} = \frac{1}{C_0} + kt_{1/2}$$

$$\frac{1}{C_0} = kt_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{kC_0}$$

Для второго порядка уравнение имеет вид: $\frac{dC}{dt} = -kC^2$

Знак минус - потому что концентрация убывает, но в определении k обычно берут по модулю (или $k > 0$), тогда из уравнения $v = kC^2$ размерность получается:

$$[k] = \frac{[\text{скорость}]}{[C]^2} = \frac{[C]/[t]}{[C]^2} = [C]^{-1} \cdot [t]^{-1}$$

То есть размерность k для второго порядка: моль⁻¹·л·с⁻¹ или л·моль⁻¹·с⁻¹

2. Определение порядка реакции

Проверка нулевого порядка реакции Для реакции нулевого порядка кинетическое уравнение в интегральной форме: $C_0 - C = kt$.

Концентрация N₂O₅ (C) пропорциональна разности (V_∞ - V), где V_∞ = 33,75 см³ — предельный объём кислорода, V — объём кислорода к моменту времени t.

Следовательно, количество разложившегося N₂O₅, а значит и объём выделившегося O₂, должно линейно зависеть от времени: $V = k_0't$, где k_0' — величина, пропорциональная константе скорости k_0 .

При нулевом порядке k_0' должна быть постоянна.

Расчёт для каждого момента времени по приведённым данным:

При t = 20 мин, V = 10,4 см³.

$k_0' = V / t = 10,4 / 20 = 0,520 \text{ см}^3/\text{мин}.$

При $t = 40$ мин, $V = 18,9$ см³.

$$k_0' = V / t = 18,9 / 40 = 0,473 \text{ см}^3/\text{мин.}$$

При $t = 60$ мин, $V = 22,9$ см³.

$$k_0' = V / t = 22,9 / 60 \approx 0,382 \text{ см}^3/\text{мин.}$$

При $t = 80$ мин, $V = 26,2$ см³.

$$k_0' = V / t = 26,2 / 80 = 0,328 \text{ см}^3/\text{мин.}$$

При $t = 100$ мин, $V = 28,5$ см³.

$$k_0' = V / t = 28,5 / 100 = 0,285 \text{ см}^3/\text{мин.}$$

Полученные значения k_0' : 0,520; 0,473; 0,382; 0,328; 0,285 см³/мин.

Эти величины не являются постоянными, а монотонно уменьшаются со временем. Экспериментальные данные не соответствуют кинетическому уравнению нулевого порядка. Следовательно, реакция разложения N_2O_5 в данном эксперименте **не является** реакцией нулевого порядка.

$$\ln \frac{V_\infty}{V_\infty - V_t} = kt.$$

Проверка первого порядка реакции:

Рассчитываем значения:

При $t = 20$ мин, $V = 10,4$ см³.

$$V_\infty - V = 33,75 - 10,4 = 23,35 \text{ см}^3.$$

$$V_\infty / (V_\infty - V) = 33,75 / 23,35 \approx 1,44540.$$

$$\ln(1,44540) \approx 0,3683.$$

$$k = 0,3683 / 20 \approx 0,018 \text{ мин}^{-1}.$$

При $t = 40$ мин, $V = 18,9$ см³.

$$V_\infty - V = 33,75 - 18,9 = 14,85 \text{ см}^3.$$

$$V_\infty / (V_\infty - V) = 33,75 / 14,85 \approx 2,27273.$$

$$\ln(2,27273) \approx 0,8210.$$

$$k = 0,8210 / 40 \approx 0,021 \text{ мин}^{-1}.$$

При $t = 60$ мин, $V = 22,9$ см³.

$$V_\infty - V = 33,75 - 22,9 = 10,85 \text{ см}^3.$$

$$V_\infty / (V_\infty - V) = 33,75 / 10,85 \approx 3,11060.$$

$$\ln(3,11060) \approx 1,1349.$$

$$k = 1,1349 / 60 \approx 0,019 \text{ мин}^{-1}.$$

При $t = 80$ мин, $V = 26,2$ см³.

$$V_\infty - V = 33,75 - 26,2 = 7,55 \text{ см}^3.$$

$$V_\infty / (V_\infty - V) = 33,75 / 7,55 \approx 4,47020.$$

$$\ln(4,47020) \approx 1,4973.$$

$$k = 1,4973 / 80 \approx 0,019 \text{ мин}^{-1}.$$

При $t = 100$ мин, $V = 28,5$ см³.

$$V_\infty - V = 33,75 - 28,5 = 5,25 \text{ см}^3.$$

$$V_\infty / (V_\infty - V) = 33,75 / 5,25 \approx 6,42857.$$

$$\ln(6,42857) \approx 1,8608.$$

$$k = 1,8608 / 100 \approx 0,019 \text{ мин}^{-1}.$$

Полученные значения k : 0,018, 0,021, 0,019, 0,019, 0,019 мин^{-1} . Среднее значение составляет около 0,0190 мин^{-1} . Константа k остаётся практически постоянной, что соответствует кинетическому уравнению первого порядка. Следовательно, реакция разложения N_2O_5 в данном эксперименте является реакцией первого порядка.

Проверка второго порядка реакции

Используем уравнение: $\frac{1}{V_\infty - V} - \frac{1}{V_\infty} = k't$, где $V_\infty = 33,75 \text{ см}^3$.

При $t = 20$ мин, $V = 10,4 \text{ см}^3$. $V_\infty - V = 33,75 - 10,4 = 23,35 \text{ см}^3$. $1/(V_\infty - V) = 1/23,35 \approx 0,042826$. $1/V_\infty = 1/33,75 \approx 0,029630$. Их разность: $0,042826 - 0,029630 = 0,013196$. $k' = 0,013196 / 20 \approx 0,0007 \text{ см}^{-3} \cdot \text{мин}^{-1}$.

При $t = 40$ мин, $V = 18,9 \text{ см}^3$. $V_\infty - V = 33,75 - 18,9 = 14,85 \text{ см}^3$. $1/(V_\infty - V) = 1/14,85 \approx 0,067340$. Разность: $0,067340 - 0,029630 = 0,037710$. $k' = 0,037710 / 40 \approx 0,0009 \text{ см}^{-3} \cdot \text{мин}^{-1}$.

При $t = 60$ мин, $V = 22,9 \text{ см}^3$. $V_\infty - V = 33,75 - 22,9 = 10,85 \text{ см}^3$. $1/(V_\infty - V) = 1/10,85 \approx 0,092166$. Разность: $0,092166 - 0,029630 = 0,062536$. $k' = 0,062536 / 60 \approx 0,0010 \text{ см}^{-3} \cdot \text{мин}^{-1}$.

При $t = 80$ мин, $V = 26,2 \text{ см}^3$. $V_\infty - V = 33,75 - 26,2 = 7,55 \text{ см}^3$. $1/(V_\infty - V) = 1/7,55 \approx 0,132450$. Разность: $0,132450 - 0,029630 = 0,102820$. $k' = 0,102820 / 80 \approx 0,0012 \text{ см}^{-3} \cdot \text{мин}^{-1}$.

При $t = 100$ мин, $V = 28,5 \text{ см}^3$. $V_\infty - V = 33,75 - 28,5 = 5,25 \text{ см}^3$. $1/(V_\infty - V) = 1/5,25 \approx 0,190476$. Разность: $0,190476 - 0,029630 = 0,160846$. $k' = 0,160846 / 100 \approx 0,0016 \text{ см}^{-3} \cdot \text{мин}^{-1}$.

Значения k' не постоянны, а возрастают от 0,0007 до 0,0016, то есть в 2,44 раза. Это доказывает, что реакция не является реакцией второго порядка.

3. Период полуразложения $t_{1/2}$ (в мин) при 37 °С:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0,693}{0,0190} \approx 36,48 \text{ мин}$$

$$4. \quad k_{50^\circ\text{C}} = \frac{\ln 2}{\frac{t_1}{2}} = \frac{0,693}{825} \approx 8,4 \times 10^{-4} \text{ с}^{-1} = 5,04 \times 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$$

$$k_{37^\circ\text{C}} = 1,9 \times 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$$

$$37^\circ\text{C} = 310 \text{ К}, 50^\circ\text{C} = 323 \text{ К}$$

$$E_a = \frac{RT_2T_1}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_{50}}{k_{37}} = \frac{8,314 \times 310 \times 323}{323 - 310} \ln \frac{5,04 \times 10^{-2}}{1,9 \times 10^{-2}}$$

$$= 62,5 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

5. Разложение N_2O_5 - реакция первого порядка $2\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$

Скорость: $v = k[\text{N}_2\text{O}_5]$

Пусть $t_{1/2}$ — период полураспада.

$$t = 3 \cdot t_{1/2}$$

Тогда время

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

Для первого порядка:

$$t = 3 \cdot \frac{\ln 2}{k} = \frac{3 \ln 2}{k}$$

Значит:

Кинетическое уравнение для первого порядка

$$C = C_0 e^{-kt}$$

Подставляем t :

$$\frac{C}{C_0} = e^{-k \cdot \frac{3 \ln 2}{k}} = e^{-3 \ln 2} = e^{\ln 2^{-3}} = \frac{1}{2^3} = \frac{1}{8}$$

То есть остаётся 1/8 от начального количества.

Доля разложившегося вещества

$$1 - \frac{1}{8} = \frac{7}{8} = 0,875$$

Расчёт оставшейся концентрации N_2O_5 :

$$C = C_0 \times (1 - \alpha)$$

где $\alpha = 0,875$ — доля разложения.

$$C = 0,18 \times (1 - 0,875) = 0,18 \times 0,125 = 0,0225 \text{ моль/л.}$$

Через время $t = 3t_{1/2}$ концентрация N_2O_5 составит 0,0225 моль/л

Задача 5.

Решение:

A



D



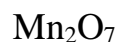
G



H



B



E



I



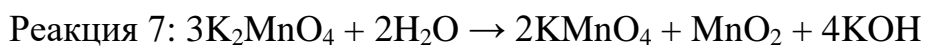
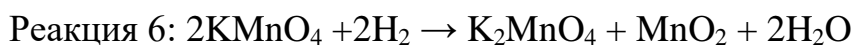
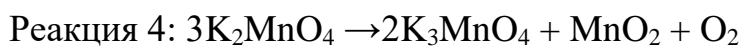
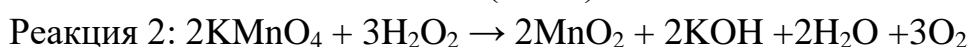
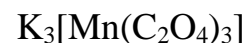
C



F



J



ХИМИЯ 11 КЛАСС
КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ
Вариант II

Задача 1.

1. За установление структурной формулы соединения **A** – **1 балл**.
2. За установление структурной формулы соединения **B** – **2 балла**.
3. За установление структурной формулы соединения **C** – **2 балла**.
4. За установление структурной формулы соединения **D** – **3 балла**.
5. За установление структурной формулы соединения **E** – **3 балла**.
6. За установление структурной формулы соединения **F** – **3 балла**.
7. За установление структурной формулы соединения **G** – **4 балла**.

Итого: 18 баллов

Задача 2.

1. За установление структурной формулы соединения **A** – **2 балла**.
2. За установление структурной формулы соединения **B** – **2 балла**.
3. За установление структурной формулы соединения **C** – **2 балла**.
4. За установление структурной формулы соединения **D** – **2 балла**.
5. За установление структурной формулы соединения **X** – **2 балла**.
6. За установление структурной формулы соединения **W** – **2 балла**.
7. За установление структурной формулы соединения **Y** – **2 балла**.

Итого: 14 баллов

Задача 3.

1. За написание схем позитронного распада для ^{11}C , ^{18}F , ^{68}Ga по 1 баллу – всего **3 балла**.
2. За установление структурных формул соединений **A** – **M** и ^{18}F Флубатина по 1 баллу – всего **14 баллов**.
3. За полностью правильное указание хиральных центров в молекуле (-)-Флубатина – **2 балла**.
4. За объяснение символа (-); невозможности синтеза (+)- ^{18}F Флубатина из **L**; идентичности химических свойств нерадиоактивного Флубатина и радиоактивного ^{18}F Флубатина по 1 баллу – всего **3 балла**.
5. За установление радиохимического выхода – **4 балла**.

б. За написание уравнений ядерных реакций по 1 баллу – всего **4 балла**.

Итого: 30 баллов

Задача 4.

Критерии:

1. За верное заполнение ячеек таблицы – по 1 баллу – **9 баллов**
2. За верное определение порядка реакции реакции разложения N_2O_5 – **3 балла**
3. За верный расчет константы скорости реакции k и период полураспада $t_{1/2}$ (в мин) – по 1,5 балла – **2 балла**
4. За верный расчет энергии активации реакции (в кДж/моль) – **3 балла**
5. За верный расчет доли разложившегося вещества – **1 балл**

Итого 18 баллов

Задача 5.

Критерии:

1. За верное определение веществ А, В, С, D, Е, F, G, H, I, J — по 0,5 балла за каждое – **5 баллов**
2. По 1,5 балла за каждое правильное и уравненное уравнение в цепочке - 10 уравнений – **15 баллов**
(Если реакция записана верно, но не уравнена – 1 балл)

Итого: 20 баллов

Химия. 11 класс. 3 вариант

Работа рассчитана на 240 минут

Задача 1. Вездесущие циклы

Циклические органические соединения окружают нас повсюду. Нуклеиновые кислоты, полисахариды, ряд протеиногенных аминокислот (гистидин, пролин, тирозин и т.д.), многие витамины и лекарственные препараты – все эти соединения содержат в своей структуре циклические фрагменты. По этой причине разработка новых методов синтеза циклических молекул является одной из наиболее актуальных задач современного органического синтеза.

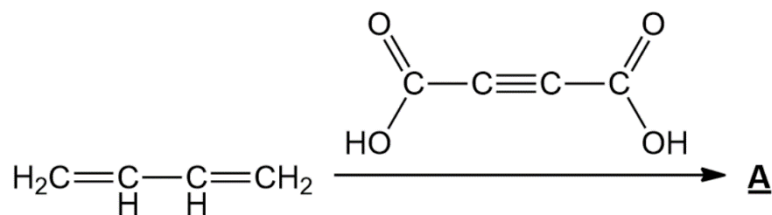
На схемах далее представлены способы синтеза различных циклических молекул, содержащих от трёх до шести членов. Установите строение соединений **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**, если известно, что:

а) массовая доля кислорода в соединении **C** составляет 38,1 %;

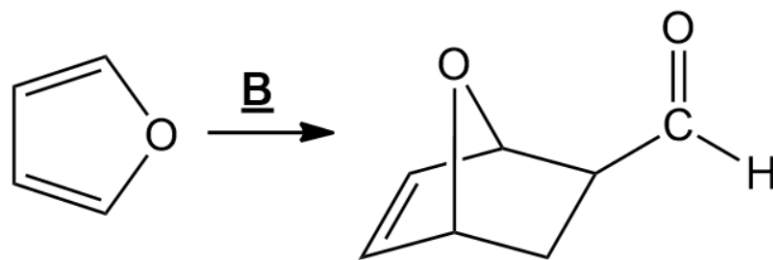
б) при фотолитическом разложении диазометана образуется высокорекреационноспособная частица, содержащая 14,3 масс. % водорода. Присоединение её к исходному сложному эфиру приводит к **F**;

с) массовая доля азота в соединении **E** составляет 13,1 %.

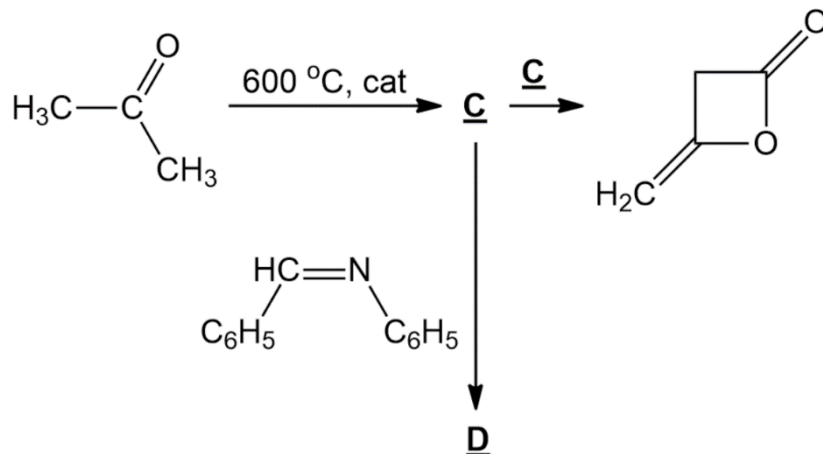
1.



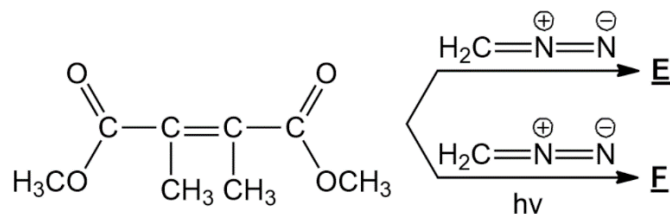
2.



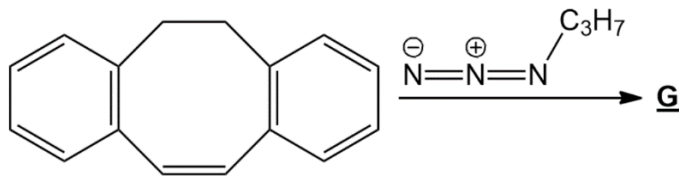
3.



4.



5.



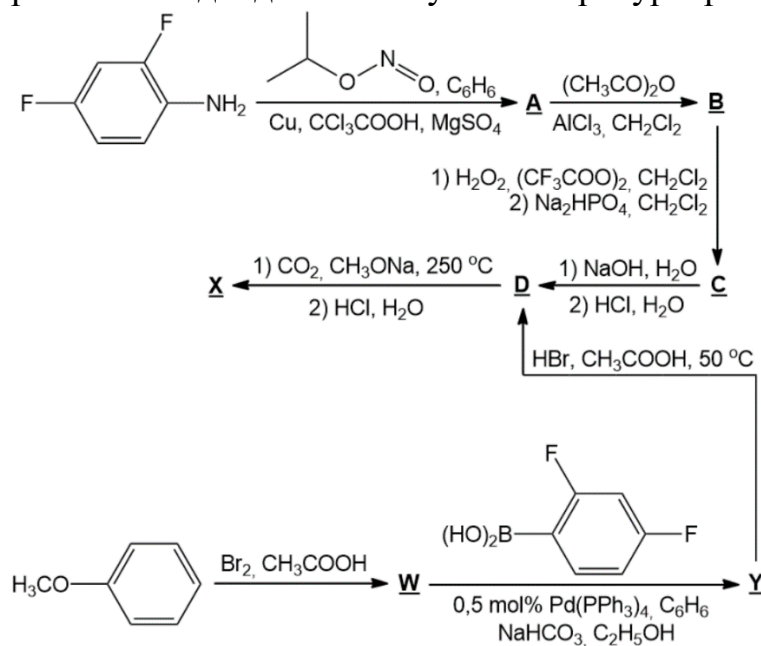
(18 баллов)

Задача 2. Не аспирином единым

Дифлунисал (**X**) – это нестероидный противовоспалительный лекарственный препарат, синтезированный и зарегистрированный компанией Merck в 1970-х годах. В первоначальном патенте Merck ключевой стадией синтеза дифлунисала (получение прекурсора **A**) была одна из модификаций реакции Гомберга-Бахмана. В отличие от традиционного варианта выполнения данного превращения, в данной модификации отсутствует стадия выделения соли диазония, а для её получения в качестве диазотирующего агента применяется изопропилнитрит, в кислой среде выступающий в роли донора катиона нитрозония (NO^+). Образующийся катион диазония сразу же вступает в реакцию с арилируемым соединением, что позволяет получить соединение **A** с относительно высокими выходами.

В то же время последние годы было предложено множество новых способов синтеза этого препарата, в т.ч. с использованием катализаторов на основе комплексов переходных металлов (нижняя часть схемы).

На схеме ниже представлено два способа синтеза дифлунисала **X**, отличающиеся разными подходами к получению прекурсора **D**:



Установите структурные формулы соединений **A**, **B**, **C**, **D**, **X**, **W**, **Y**, если известно, что:

- соединение **A** не содержит в своём составе азота;
- реакция **B** → **C** сопровождается увеличением количества атомов кислорода в молекуле на единицу;
- соединение **W** является пара-изомером;
- реакция **Y** → **D** протекает по S_N2-механизму.

(14 баллов)

Задача 3. Радиохимические штучки 2

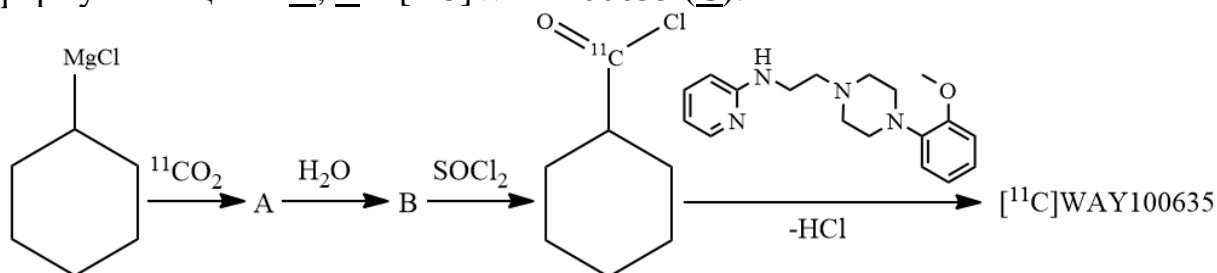
«Если ты упал в ядерный реактор,
то не важно, с какой высоты»
Народная мудрость

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) – метод, основанный на использовании препаратов, содержащих ультракороткоживущие радионуклиды, претерпевающие позитронный распад (к примеру, углерод-11, фтор-18 и галлий-68), играет важную роль в современной медицинской диагностике. ПЭТ позволяет изучать важнейшие физиологические функции организма, фиксировать тонкие биохимические процессы, лежащие в основе различных патологических состояний, проводить диагностику и качественную оценку онкологических, психоневрологических и кардиологических заболеваний.

1) Запишите схемы позитронного распада для ¹¹C, ¹⁸F, ⁶⁸Ga.

2) Один из радиофармацевтических лекарственных препаратов (РФЛП) на основе углерода-11, [¹¹C]WAY100635, применяется для визуализации последствий ряда дегенеративных заболеваний центральной нервной системы.

Расшифруйте схему синтеза [¹¹C]WAY100635, установив структурные формулы веществ **A**, **B** и [¹¹C]WAY100635 (**C**).

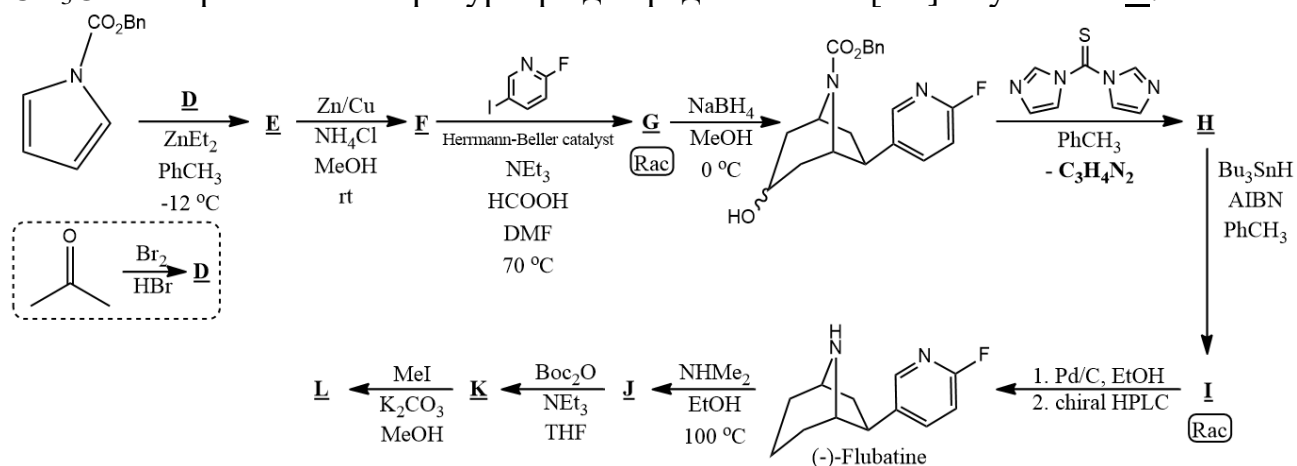


3) Самым часто используемым радионуклидом в ПЭТ исследованиях (ввиду оптимальных периода полураспада ($T_{1/2}({}^{18}\text{F}) = 109,7$ мин) и энергии позитронов ($E(e^+) = 635$ кэВ)) является фтор-18. Относительно большой период полураспада фтора-18 дает возможность проводить сложные многостадийные синтезы РФЛП и получать несколько клинических доз препаратов за один синтез.

К примеру, одним из таких препаратов является [¹⁸F]Флубатин ([¹⁸F]Flubatine), использующийся для раннего выявления болезни

Альцгеймера и исследования когнитивных дисфункций при болезни Паркинсона.

Прекурсор для радиосинтеза $[^{18}\text{F}]$ флубатина получают в несколько стадий. В результате реакции [4+3]-циклоприсоединения между производным пиррола (атом азота в котором защищен бензилоксикарбонильной группой) и бромсодержащим соединением **D** в присутствии диэтилцинка образуется бициклическое соединение **E**, которое далее обрабатывается цинк-медной парой в среде $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{CH}_3\text{OH}$ при комнатной температуре (rt) с образованием вещества **F**. **F** в условиях реакции гидроарилрования в присутствии катализатора Херрманна-Беллера реагирует с 5-иод-2-фторпиридином с образованием соединения **G**, которое затем восстанавливается борогидридом натрия. Полученный на этой стадии полупродукт затем обрабатывается 1,1'-тиокарбонилдиимидазолом с образованием соединений **H** и $\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2$. Соединение **H** сначала взаимодействует с Bu_3SnH с образованием вещества **I**, с которого затем снимается защитная группировка при кипячении в циклогексене и этаноле в присутствии Pd/C , а полученная смесь энантиомеров разделяется при помощи хиральной высокоэффективной жидкостной хроматографии. (-)-Флубатин, являющийся нерадиоактивным аналогом (-)- $[^{18}\text{F}]$ Флубатина, сначала обрабатывается диметиламином в этаноле при нагревании (образуется вещество **J**), а затем аминогруппа защищается ди-*трет*-бутилкарбонатом (Boc_2O) в среде триэтиламина в тетрагидрофуране (THF, ТГФ) (образуется вещество **K**). Соединение **K** на последнем этапе синтеза обрабатывается избытком метилиодида в K_2CO_3 , CH_3OH с образованием прекурсора для радиосинтеза $[^{18}\text{F}]$ Флубатина **L**.



Справочные данные:

Вещество **D** образуется при бромировании ацетона в HBr .

Массовая доля брома в **D**: $\omega(\text{Br}) = 85,56\%$.

Число атомов брома в **D** и **E** отличается на 2.

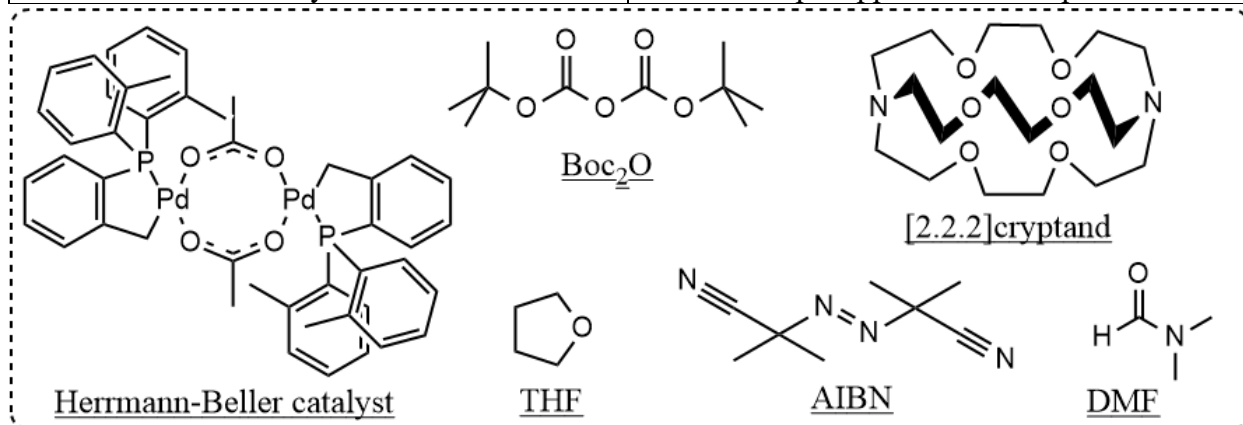
Число атомов брома в **F** и **E** отличается на 2.

Вещества **G** и **I** представляют собой смесь энантиомеров (Rac – racemic, рацемический).

Список сокращений:

Me-	Метил
Et-	Этил

Bu-	н-Бутил
Bn-	Бензил
Ph-	Фенил
DMF	Диметилформамид
AIBN	Азобисизобутиронитрил
THF	Тетрагидрофуран
Herrmann-Beller catalyst	Катализатор Херрманна-Беллера



Установите структурные формулы соединений **D**, **E**, **F**, **G**, **H**, **I**, **J**, **K**, **L** (указание стереохимической информации для этих соединений не оценивается).

Обозначьте (символом *) все хиральные атомы углерода в молекуле (-)-Флубатина.

Что означает (-) в названии соединения?

4) [¹⁸F]Флубатин синтезируется в две стадии из прекурсора **L**. На первой стадии **L** обрабатывается радиоактивным фторидом калия ([¹⁸F]KF) в присутствии криптанда[2.2.2] ([2.2.2]cryptand) и карбоната калия в ацетонитриле (образуется соединение **M**), а на завершающей стадии происходит снятие защиты с образованием [¹⁸F]Флубатина.

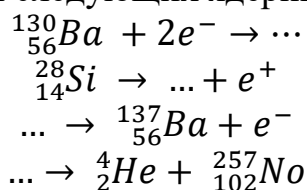
Установите структурные формулы соединений **M** и [¹⁸F]Флубатина.

Может ли в результате радиосинтеза из п.4 получиться (+)-[¹⁸F]Флубатин? Ответ объясните.

Отличаются ли химические свойства нерадиоактивного Флубатина и радиоактивного [¹⁸F]Флубатина?

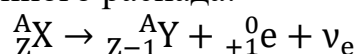
Как правило, радиосинтез из прекурсора **L** занимает порядка 30 минут. Установите радиохимический выход (РХВ) [¹⁸F]Флубатина, учитывая, что исходная активность фтора-18 равнялась 25 ГБк, а выходы химических реакций (η) на обеих стадиях равны 86 %.

5) Закончите уравнения следующих ядерных реакций:



Справочные данные:

Общая схема позитронного распада:



Закон радиоактивного распада:

$$N_t = N_0 \exp(-\lambda t),$$

где N_t – число атомов к моменту времени t , N_0 – начальное число атомов, λ – постоянная распада:

$$\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$$

где $T_{1/2}$ – период полураспада.

Активность радиоактивного источника (A) – это число распадов в единицу времени [$\text{с}^{-1} = \text{Бк}$].

$$A = \frac{N_0 \ln 2}{T_{1/2}}$$

Радиохимический выход вещества **2** относительно вещества **1**:

$$\text{РХВ}(\%) = A[^{18}\text{F}]_2 / A[^{18}\text{F}]_1 * 100 \%,$$

где $A[^{18}\text{F}]_2$ – активность ^{18}F в соединении **2** в конце синтеза, $A[^{18}\text{F}]_1$ – активность ^{18}F в соединении **1** на начало синтеза.

(30 баллов)

Задача 4. Химический детектив: кислородный след

Разложение пентаоксида динитрогена в инертных растворителях приводит к образованию диоксида азота и кислорода. При изучении процесса диссоциации N_2O_5 в хлороформе при 42°C были получены следующие экспериментальные данные (н.у.):

Время, мин	20	40	60	80	100	∞
Объем кислорода, см^3	13,2	22,0	28,0	31,9	34,6	40,0

1. Заполните таблицу, указав решение кинетического уравнения, выражение для периода полупревращения и размерность константы скорости для реакций нулевого, первого и второго порядков.

Порядок реакции	Кинетическое уравнение	Решение кинетического уравнения	Период полупревращения	Размерность константы
0	$-\frac{dC}{dt} = k$ $(\frac{\Delta C}{\Delta t} = -k)$			
1	$-\frac{dC}{dt} = kC$ $(\frac{\Delta C}{\Delta t} \approx -kC)$			
2	$-\frac{dC}{dt} = kC^2$ $(\frac{\Delta C}{\Delta t} \approx -kC^2)$			

2. Определите порядок реакции разложения N_2O_5 в данном эксперименте. Для этого используйте метод подбора порядка по интегральному уравнению.

3. Рассчитайте константу скорости реакции k и период полураспада $t_{1/2}$ (в мин).

4. При $50\text{ }^\circ\text{C}$ период полупревращения $t_{1/2}$ составляет 825 с. Рассчитайте энергию активации реакции (в кДж/моль).

5. Какая доля N_2O_5 разложится за время, равное утроенному периоду полураспада, если начальная концентрация N_2O_5 составляла $0,120$ моль/л.

Справочные данные и указания:

Универсальная газовая постоянная: $R = 8,314$ Дж·моль⁻¹·К⁻¹.

Уравнение Аррениуса: $k = Ae^{-E_a/(RT)}$, где R – универсальная газовая постоянная; A – предэкспоненциальный множитель, который не зависит от температуры, а определяется только видом реакции; E_A – энергия активации, которую можно охарактеризовать как некоторую пороговую энергию, необходимую для осуществления реакции.

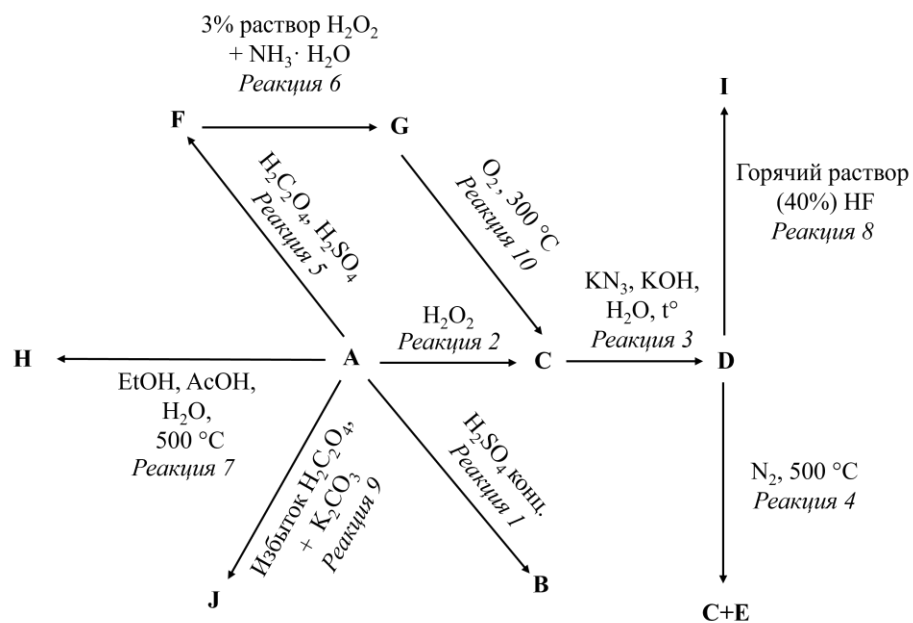
Метод подбора заключается в подстановке экспериментальных данных в кинетические уравнения различных порядков и выяснении, какое из этих уравнений приводит к постоянному значению константы скорости.

(18 баллов)

Задача 5. Цветная химия элемента X

Кристаллическое вещество **A** является исходным материалом для синтеза в лабораторных условиях соединений элемента **X** с различными степенями окисления (см. схему и таблицу). Разбавленный водный раствор **A** имеет малиновый цвет и является распространённым антисептическим средством. Вещества **A-J** в представленной цепочке превращений содержат элемент **X**, **C** – оксид, **F** – средняя соль, **G** – оксогидроксид, **I** и **J** – комплексные соединения. Координационное число элемента **X** во всех комплексных соединениях равно 6. Реакции 4 и 8 – диспропорционирование

Вещество	Цвет вещества	$\omega(X)$, %
A	Темно-фиолетовый	
B	Зеленовато-бурый	49,52
C	Темно-коричневый	
D	Темно-зеленый	27,87
E	Сине-зеленый	23,27
F	Светло-розовый	
G	Буро-чёрный	
H	Бледно-розовый	22,42
I	Желтый	22,23
J	Темный красно-фиолетовый	12,59



1. Установите соединения **A–J**.
2. Напишите все приведённые на схеме уравнения реакций.

(20 баллов)

Периодическая система химических элементов

1																	18							
1	Н 1 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 2 4,0026 0 Гелий Helium						
2	Li 3 6,94 +1 Литий Lithium	Be 4 9,0122 +2 Бериллий Beryllium																	B 5 10,81 +3 Бор Boron	C 6 12,011 +4 Углерод Carbon	N 7 14,007 -3 +3 +5 Азот Nitrogen	O 8 15,999 -2 Кислород Oxygen	F 9 18,998 -1 Фтор Fluorine	Ne 10 20,1798 0 Неон Neon
3	Na 11 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 12 24,305 +2 Магний Magnesium																	Al 13 26,9815 +3 Алюминий Aluminium	Si 14 28,085 +4 Кремний Silicon	P 15 30,9738 +5 Фосфор Phosphorus	S 16 32,06 +6 Сера Sulfur	Cl 17 35,45 -1 Хлор Chlorine	Ar 18 39,95 0 Аргон Argon
4	K 19 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 20 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 21 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 22 47,867 +4 Титан Titanium	V 23 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 24 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 25 54,938 +2 +4 Марганец Manganese	Fe 26 55,845 +3 Железо Iron	Co 27 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 28 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 29 63,546 +2 Медь Copper	Zn 30 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 31 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 32 72,63 +4 Германий Germanium	As 33 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 34 78,971 +4 Селен Selenium	Br 35 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 36 83,798 0 +2 Криптон Krypton						
5	Rb 37 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 38 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 39 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 40 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 41 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 42 95,95 +4 +6 Молибден Molybdenum	Tc 43 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 44 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 45 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 46 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 47 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 48 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 49 114,818 +3 Индий Indium	Sn 50 118,71 +4 Олово Tin	Sb 51 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 52 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 53 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 54 131,293 0 +6 Ксенон Xenon						
6	Cs 55 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 56 137,327 +2 Барий Barium	La 57 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 72 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 73 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 74 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 75 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 76 190,23 +4 +8 Осмий Osmium	Ir 77 192,217 +4 Иридий Iridium	Pt 78 195,084 +2 +4 Платина Platinum	Au 79 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 80 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 81 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 82 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 83 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 84 208,9824 +4 Полоний Polonium	At 85 [210] -1 Астат Astatine	Rn 86 [222] 0 +2 Радон Radon						
7	Fr 87 [223] +1 Франций Francium	Ra 88 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 89 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf 104 [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db 105 [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg 106 [269] (+6) Сиборгий Seaborgium	Bh 107 [270] (+7) Борий Bohrium	Hs 108 [269] (+8) Хассий Hassium	Mt 109 [278] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn 112 [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh 113 [286] ? Нихоний Nihonium	Fl 114 [290] ? Флеровий Flerovium	Mc 115 [290] ? Московский Moscovium	Lv 116 [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts 117 [294] ? Теннесси Tennessine	Og 118 [294] ? Оганесон Oganesson						
				Ce 58 140,116 +3 +4 Церий Cerium	Pr 59 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 60 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm 61 [145] +3 Прометий Promethium	Sm 62 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 63 151,964 +3 Европий Europium	Gd 64 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 66 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 68 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 69 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 70 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 71 174,9668 +3 Лютеций Lutetium							
				Th 90 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 91 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 92 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 93 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu 94 [244] +3 +4 Плутоний Plutonium	Am 95 [243] +3 Америций Americium	Cm 96 [247] +3 Кюрий Curium	Bk 97 [247] +3 Берклий Berkelium	Cf 98 [251] +3 Калифорний Californium	Es 99 [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 [257] +3 Фермий Fermium	Md 101 [258] +3 Менделевий Mendelevium	No 102 [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr 103 [266] +3 Лоуренсий Lawrencium							

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	Н
F ⁻	Р	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	М	Н	Н	Н	Р	Р	Р	–	Н	Р	Р
Cl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	М	Р	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р	?	Р	Р	Н	Н	Н	М	?
S ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	–	–	–	Н	–	–	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HS ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	–	Н	?	?	М	Н	Н	Н	?	?
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	–	Н	Р	Р
HSO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	–	?	?	?	?	?	?	?	?	Н	?	?
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
NO ₂ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	?	?	М	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	Р	Н	Р	Р	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
HPO ₄ ²⁻	Р	?	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	?	?	Н	?	Н	?	?	?	М	Н	?
H ₂ PO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	Р	Р	Р	?	–	?	?
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	?	Н
HCO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	?	?	?	?	?	Р	?	?
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р	Р	–	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р
SiO ₃ ²⁻	Н	Н	Р	Р	?	Н	Н	Н	Н	?	?	Н	?	Н	Н	?	?	Н	?	?
MnO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	?	?	Р	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	?	Н	?	?	?	Р	?	?	Н	Н	М	?	Р
CrO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Н	?	?	?	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
ClO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	?	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р
ClO ₄ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	?	Р

«Р» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«М» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«Н» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«–» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

активность металлов уменьшается →

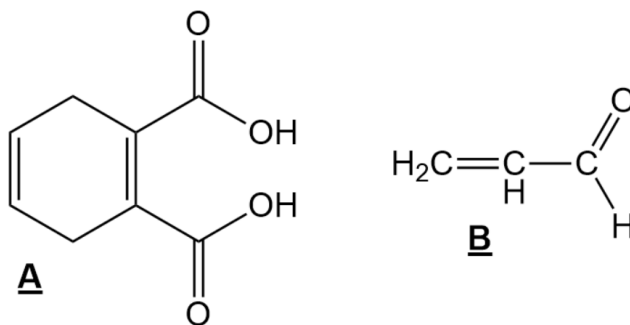
ХИМИЯ 11 КЛАСС

Вариант III ответы

Задача 1.

1) Первые два пункта задачи представляют из себя классические примеры реакции Дильса-Альдера – [4+2]-циклоприсоединения. Поскольку ацетилендикарбоновая кислота содержит сильные акцепторные заместители, она является активным диенофилом и легко присоединяется к бутадиену с образованием шестичленного цикла **A**.

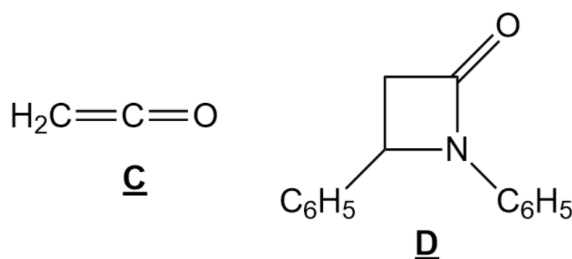
Хотя фуран и является ароматическим гетероциклом, он также проявляет свойства сопряжённого диена. Ввиду его циклического строения, продукты [4+2]-циклоприсоединения к этому субстрату имеют мостиковую структуру. В данном случае диенофилом является акролеин **B** – олефин, активированный сильным акцепторным заместителем (C(O)H).



(3 балла)

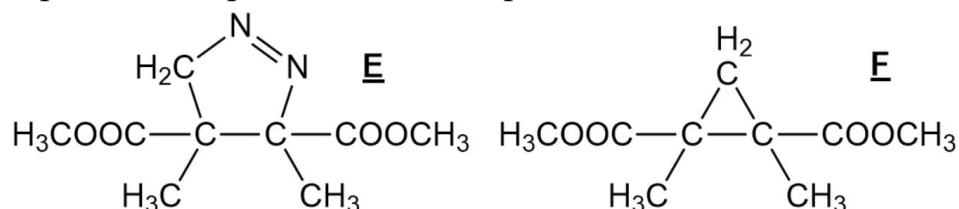
2) При пиролизе ацетона образуется кетен **C**. Он достаточно легко димеризуется по типу [2+2]-циклоприсоединения с образованием т.н. “дикетена” – 4-метиленоксетан-2-она, что также можно использовать для установления структуры кетена.

При взаимодействии кетена с имидами также протекает реакция [2+2]-циклоприсоединения (синтез лактамов по Штаудингеру), при этом образуется β-лактам **D**.



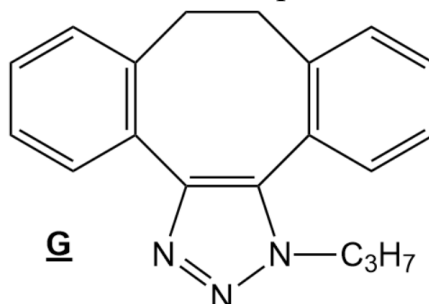
(5 баллов)

3) Диазометан является классическим представителем 1,3-диполей. В зависимости от условий он взаимодействует с диполярфилами по-разному. При фотолизе он отщепляет молекулу азота с образованием высокореакционноспособного синглетного карбена CH_2 , который легко присоединяется к олефинам с образованием производных циклопропана. Если же проводить реакцию в отсутствие света, реакция диазометана с алкенами приводит к производным 1-пиразолина.



(6 баллов)

4) Взаимодействие дибензоциклооктина с пропилазидом – это классический пример реакции азид-алкинового циклоприсоединения, промотируемого напряжением (strain-promoted azide-alkyne cycloaddition). Реакция протекает в мягких условиях и в отсутствие катализаторов, поскольку циклооктин содержит два sp -гибридных атома углерода, стремящихся принять линейную пространственную конфигурацию. В результате образуется производное 1,2,3-триазола **G**.

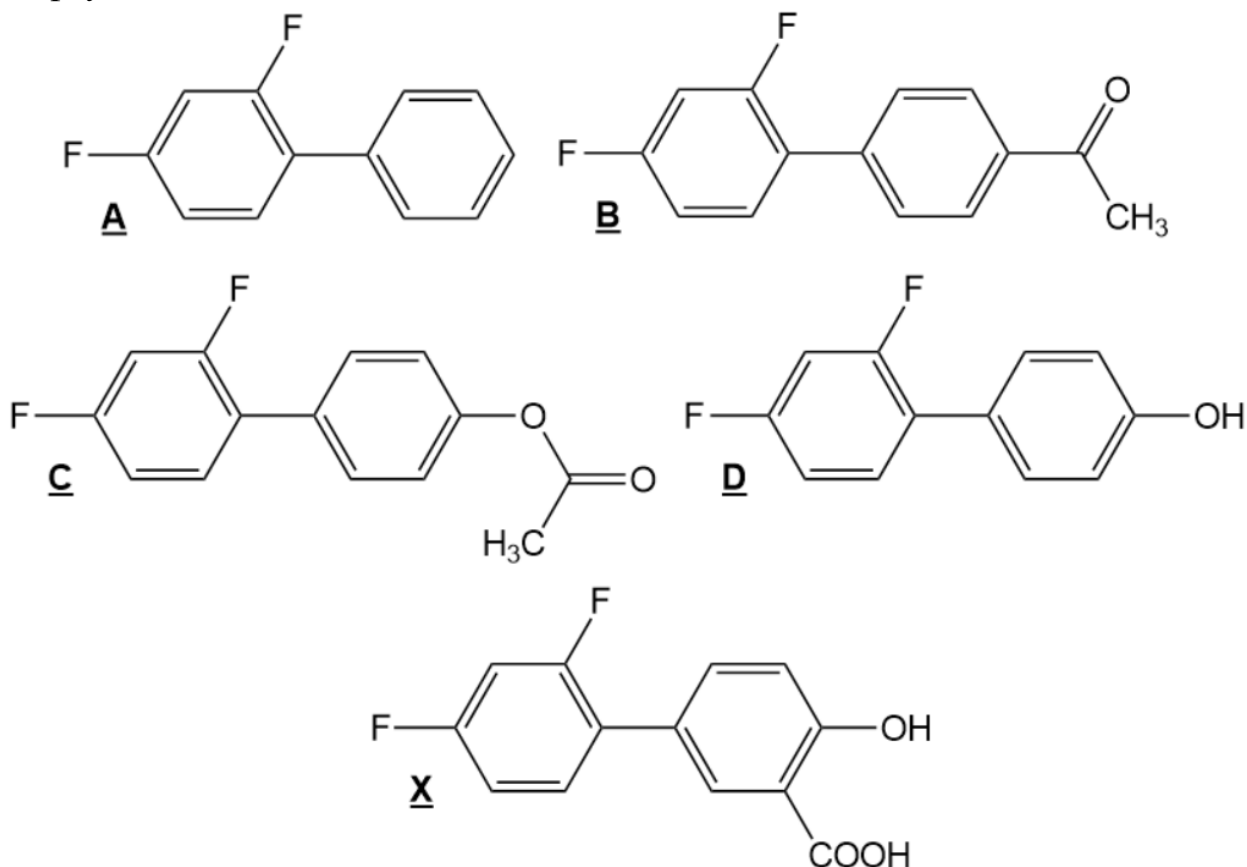


(4 балла)

Задача 2.

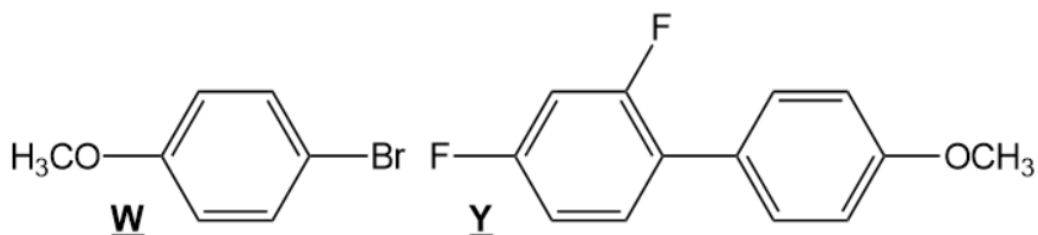
1) Начнём расшифровку представленной цепочки с верхней части схемы. По условию задачи реакция получения **A** из 2,4-дифторанилина – это одна из модификаций реакции Гомберга-Бахмана – сочетания солей диазония с аренами в щелочной среде, сопровождающегося образованием биариллов. Логично предположить, что ароматический амин в данной ситуации будет претерпевать подобное превращение, что будет сопровождаться образованием производного бифенила, а именно 2,4-дифторбифенила **A**. Ацилирование **A** уксусным ангидридом в присутствии кислот Льюиса приводит к соединению **B**; ацильный остаток при этом замещает катион

водорода в пара-положении кольца, не содержащего атомов фтора. Дальнейшее окисление **B** по Байеру-Виллигеру приводит к сложному эфиру **C**, отличающемуся от **B** на один атом кислорода. Гидролиз **C** в щелочной среде с последующим добавлением соляной кислоты сопровождается образованием фенола **D**, карбоксилирование которого в орто-положение по Кольбе-Шмитту в присутствии метилата натрия позволяет получить искомым дифлунисал **X**.



(10 баллов)

2) Иначе дифлунисал может быть получен с использованием реакций кросс-сочетания, как показано в нижней части схемы. На первой стадии анизол бромруют в среде уксусной кислоты с получением 4-броманизола **W**. Дальнейшее взаимодействие **W** с дифторзамещённой фенолборной кислотой при катализе тетраakis(трифенилфосфин) палладием – реакция кросс-сочетания Сузуки – приводит к образованию прекурсора **Y**. Для расщепления связи O-CH₃ **Y** обрабатывают раствором HBr в уксусной кислоте, при этом образуется CH₃Br и искомым фенол **D**.



(4 балла)

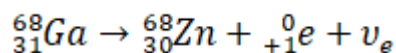
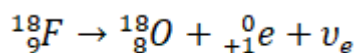
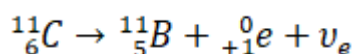
По материалам из публикаций:

https://www.researchgate.net/publication/225452889_One_step_synthesis_of_Diflunisal_using_a_Pd-diamine_complex

<https://doi.org/10.1039/P29810001021>

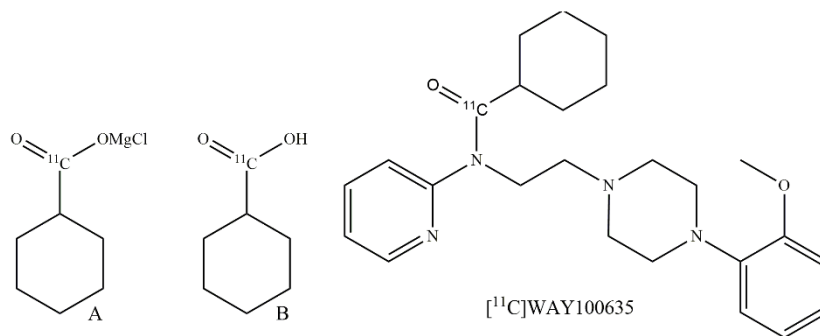
Задача 3.

1) Схемы позитронного распада (отсутствие нейтрино не считается ошибкой)



(3 балла)

2) Первая стадия в синтезе $[^{11}\text{C}]\text{WAY100635}$ – взаимодействие циклогексилмагнийхлорида с $^{11}\text{CO}_2$ – приводит к образованию продукта **A** (реакция Гриньяра). При гидролизе **A** получается $[^{11}\text{C}]$ циклогексанкарбоновая кислота (**B**), взаимодействие которой сначала с тионилхлоридом, а потом с амином приводит к образованию $[^{11}\text{C}]\text{WAY100635}$ (**C**).

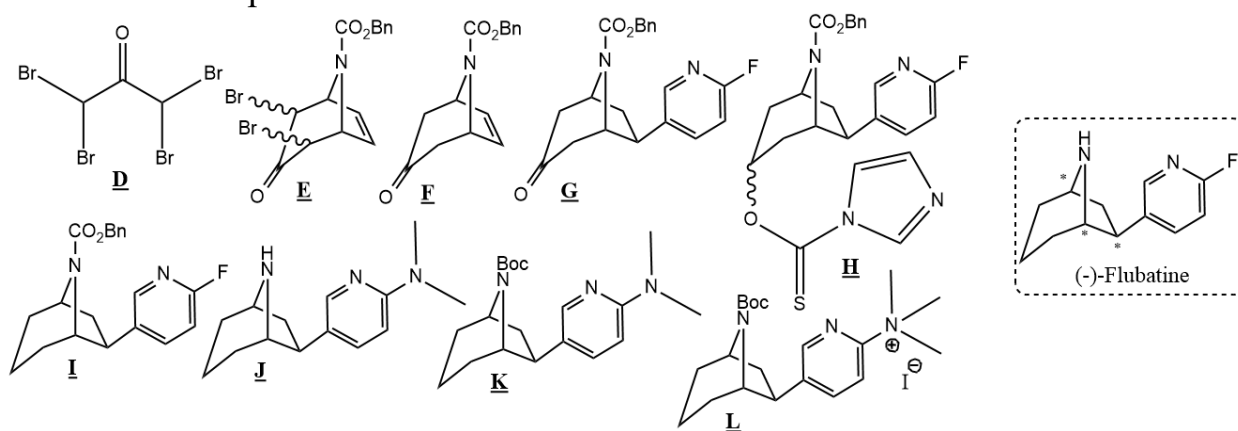


(3 балла)

3) В результате реакции [4+3]-циклоприсоединения между производным пиррола и бромсодержащим соединением **D** (1,1,2,2-тетрабромпропанон) в присутствии диэтилцинка образуется бициклическое соединение **E**, которое далее дегалогенируется (судя по справочным данным для пар **D/E** и **E/F**, отличающихся друг от друга на 2 атома брома) цинк-медной парой в среде $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{CH}_3\text{OH}$ при комнатной температуре (rt) с образованием вещества **F**.

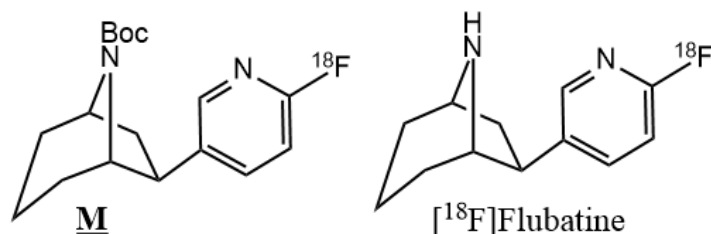
F в условиях реакции Хека в присутствии катализатора Херрманна-Беллера реагирует с 5-иод-2-фторпиридином с образованием соединения **G**, кето-группа которого затем восстанавливается борогидридом натрия. Полученный на этой стадии полупродукт затем обрабатывается 1,1'-тиокарбонилдиимидазолом с образованием соединений **H** и $\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2$ (имидазол. Вывод о нем можно сделать исходя из брутто-формулы и строения реагента). Соединение **H** сначала взаимодействует с гидридом трибутилолова с образованием вещества **I**, с которого затем снимается защитная группировка при кипячении в циклогексене и этаноле в присутствии Pd/C, а полученная смесь энантиомеров разделяется при помощи хиральной высокоэффективной жидкостной хроматографии. (-)-Флубатин, являющийся нерадиоактивным аналогом (-)- ^{18}F Флубатина, сначала обрабатывается диметиламином в этаноле при нагревании (образуется вещество **J**), а затем – ди-*трет*-бутилкарбонатом (Boc_2O) в среде триэтиламина в тетрагидрофуране (образуется вещество **K**). Соединение **K** на последнем этапе синтеза обрабатывается избытком метилиодида в K_2CO_3 , CH_3OH с образованием прекурсора для радиосинтеза ^{18}F флубатина **L**.

В молекуле (-)-Флубатина присутствуют три хиральных атома углерода, а (-) в его названии свидетельствует от направлении вращения плоскости поляризованного света.



(11 баллов)

4) [^{18}F]Флубатин синтезируется в две стадии из прекурсора **L**. На первой стадии в условиях реакции нуклеофильного ароматического замещения **L** реагирует с [^{18}F]KF (образуется соединение **M**), а на завершающей стадии происходит снятие защиты с образованием непосредственно [^{18}F]Флубатина. Строение меченного фтором-18 флубатина несложно установить по его нерадиоактивному аналогу из п.3.



Поскольку в указанном синтезе прекурсор был определенной конфигурации, а хиральные центры в радиосинтезе не затрагиваются, то образование обращенного (+)-[^{18}F]Флубатина невозможно.

Также важно отметить, что химические свойства нерадиоактивного Флубатина и радиоактивного [^{18}F]Флубатина абсолютно идентичны, поскольку известно, что химические свойства атома не зависят от количества нейтронов в ядре.

Поскольку радиохимический выход [^{18}F]Флубатина определяется из активности фтора-18 в целевой молекуле на конец синтеза, то в расчетах необходимо учесть химические выходы на каждой из двух стадий синтеза.

По основному закону радиоактивного распада найдем активность фтора-18 через 30 минут:

$$A_t = A_0 \cdot \exp(-\ln 2 \cdot t / T_{1/2})$$

$$A_t = 25 \cdot \exp(-0,693 \cdot 30 / 109,7)$$

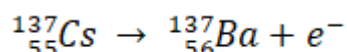
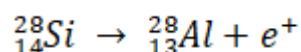
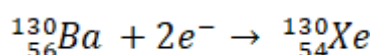
$$A_t = 20,68 \text{ ГБк}$$

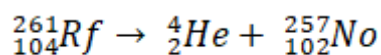
Тогда РХВ:

$$\text{РХВ} = (20,68 \cdot 0,86 \cdot 0,86) / 25 \cdot 100\% = 61,2 \%$$

(5 баллов)

5)





(4 балла)

По материалам из статей:

[https://doi.org/10.1002/1099-0690\(200006\)2000:12<2195::AID-EJOC2195>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/1099-0690(200006)2000:12<2195::AID-EJOC2195>3.0.CO;2-C)

<https://doi.org/10.1039/P19920000787>

<https://doi.org/10.1039/C39890001368>

<https://doi.org/10.1002/anie.199518441>

<https://doi.org/10.33266/1024-6177-2022-67-3-59-66>

<https://doi.org/10.1016/j.bmc.2013.12.011>

Задача 4.

Решение:

1.

Порядок реакции	Кинетическое уравнение	Решение кинетического уравнения	Период полуревращения	Размерность константы
0	$-\frac{dC}{dt} = k$ $\left(\frac{\Delta C}{\Delta t} = -k\right)$	$C - C_0 = kt$	$t_{1/2} = \frac{C_0}{2k}$	моль·л ⁻¹ ·время ⁻¹
1	$-\frac{dC}{dt} = kC$ $\left(\frac{\Delta C}{\Delta t} \approx -kC\right)$	$\ln \frac{C_0}{C} = kt$	$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$	время ⁻¹
2	$-\frac{dC}{dt} = kC^2$ $\left(\frac{\Delta C}{\Delta t} \approx -kC^2\right)$	$\frac{1}{C_0} - \frac{1}{C} = kt$	$t_{1/2} = \frac{1}{kC_0}$	л · моль ⁻¹ · время ⁻¹

Скорость химической реакции определяется как изменение концентрации реагента (или продукта) со временем. Поскольку концентрация реагента убывает, скорость выражается через убыль концентрации.

Общий вид:

$$v = -\frac{dC}{dt}$$

где C - текущая концентрация реагента, t - время, знак "минус" компенсирует убывание.

скорость реакции пропорциональна произведению концентраций реагентов в некоторых степенях, которые называются порядками реакции.

$$v = k \cdot C^n$$

Где k -константа скорости, n - порядок реакции.

Нулевой порядок ($n = 0$). Скорость не зависит от концентрации реагента.

$$v = k \cdot C^0 = k$$

Подставляем в основное определение скорости:

$$-\frac{dC}{dt} = k$$

Уравнение:

$$\frac{dC}{dt} = -k$$

(здесь $k > 0$, знак минус потому, что концентрация убывает).

Период полупревращения $t_{1/2}$ - когда $C = \frac{C_0}{2}$:

$$\frac{C_0}{2} = C_0 - kt_{1/2}$$

$$kt_{1/2} = C_0 - \frac{C_0}{2} = \frac{C_0}{2}$$

$$t_{1/2} = \frac{C_0}{2k}$$

Размерность k = размерность $\frac{[C]}{[t]}$ = моль·л⁻¹·с⁻¹

Первый порядок (n = 1). Скорость пропорциональна концентрации реагента в первой степени.

$$v = k \cdot C^1 = kC$$

Подставляем в основное определение скорости:

$$-\frac{dC}{dt} = kC$$

Период полупревращения:

$$\ln \frac{C}{C_0} = -kt \text{ или } C = C_0 e^{-kt}$$

$$\frac{C_0}{2} = C_0 e^{-kt_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-kt_{1/2}}$$

$$\ln 2 = kt_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

Размерность k :

$$\text{Из } \frac{dC}{dt} = kC \Rightarrow [k] = \frac{[\text{скорость}]}{[C]} = \frac{[C]/[t]}{[C]} = [t]^{-1} (\text{с}^{-1}).$$

Второй порядок (n=2).

- Один реагент $2A \rightarrow$ продукты

Скорость пропорциональна квадрату концентрации этого реагента.

$$v = k \cdot C_A^2 = kC^2$$

Подставляем в основное определение:

$$-\frac{dC}{dt} = kC^2$$

- Два разных реагента $A + B \rightarrow$ продукты, при их одинаковых начальных концентрациях ($C_0^A = C_0^B$)
В любой момент времени $C_A = C_B = C$.

Закон действующих масс: $v = k \cdot C_A \cdot C_B = k \cdot C \cdot C = kC^2$

Снова получаем:

$$-\frac{dC}{dt} = kC^2$$

Если начальные концентрации разные, дифференциальное уравнение сложнее и записывается через концентрации каждого реагента в отдельности.

Уравнение:

$$\frac{dC}{dt} = -kC^2$$

Период полупревращения:

$$\frac{1}{C_0/2} = \frac{1}{C_0} + kt_{1/2}$$

$$\frac{2}{C_0} = \frac{1}{C_0} + kt_{1/2}$$

$$\frac{1}{C_0} = kt_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{kC_0}$$

Для второго порядка уравнение имеет вид: $\frac{dC}{dt} = -kC^2$

Знак минус - потому что концентрация убывает, но в определении k обычно берут по модулю (или $k > 0$), тогда из уравнения $v = kC^2$ размерность получается:

$$[k] = \frac{[\text{скорость}]}{[C]^2} = \frac{[C]/[t]}{[C]^2} = [C]^{-1} \cdot [t]^{-1}$$

То есть размерность k для второго порядка:

моль⁻¹·л·с⁻¹ или л·моль⁻¹·с⁻¹

2. Определение порядка реакции

Проверка нулевого порядка реакции:

Для реакции нулевого порядка кинетическое уравнение в интегральной форме: $C_0 - C = kt$.

Концентрация N_2O_5 (C) пропорциональна разности ($V_\infty - V$), где $V_\infty = 40 \text{ см}^3$ — предельный объём кислорода, V — объём кислорода к моменту времени t .

Следовательно, количество разложившегося N_2O_5 , а значит и объём выделившегося O_2 , должно линейно зависеть от времени: $V = k_0't$, где k_0' — величина, пропорциональная константе скорости k_0 .

При нулевом порядке k_0' должна быть постоянна.

Расчёт для каждого момента времени по приведённым данным:

При $t = 20$ мин: $k_0' = 13,2 / 20 = 0,660 \text{ см}^3/\text{мин}$.

При $t = 40$ мин: $k_0' = 22,0 / 40 = 0,550 \text{ см}^3/\text{мин}$.

При $t = 60$ мин: $k_0' = 28,0 / 60 \approx 0,467 \text{ см}^3/\text{мин}$.

При $t = 80$ мин: $k_0' = 31,9 / 80 \approx 0,399 \text{ см}^3/\text{мин}$.

При $t = 100$ мин: $k_0' = 34,6 / 100 = 0,346 \text{ см}^3/\text{мин}$.

Значения k_0' уменьшаются → не нулевой порядок.

Эти величины не являются постоянными, а монотонно уменьшаются со временем. Экспериментальные данные не соответствуют кинетическому уравнению нулевого порядка. Следовательно, реакция разложения N_2O_5 в данном эксперименте не является реакцией нулевого порядка.

Проверка первого порядка реакции: $\ln \frac{V_\infty}{V_\infty - V_t} = kt$.

$V_\infty = 40,0 \text{ см}^3$.

$t = 20$ мин, $V = 13,2 \text{ см}^3$: $V_\infty - V = 26,8 \text{ см}^3$; $V_\infty/(V_\infty - V) = 40,0 / 26,8 \approx 1,4925$; $\ln(1,4925) \approx 0,4005$; $k_1 \approx 0,4005 / 20 \approx 0,020 \text{ мин}^{-1}$.

$t = 40$ мин, $V = 22,0 \text{ см}^3$: $V_\infty - V = 18,0 \text{ см}^3$; $V_\infty/(V_\infty - V) = 40,0 / 18,0 \approx 2,2222$; $\ln(2,2222) \approx 0,7985$; $k_1 \approx 0,7985 / 40 \approx 0,020 \text{ мин}^{-1}$.

$t = 60$ мин, $V = 28,0 \text{ см}^3$: $V_\infty - V = 12,0 \text{ см}^3$; $V_\infty/(V_\infty - V) = 40,0 / 12,0 \approx 3,3333$; $\ln(3,3333) \approx 1,20397$; $k_1 \approx 1,20397 / 60 \approx 0,020 \text{ мин}^{-1}$.

$t = 80$ мин, $V = 31,9 \text{ см}^3$: $V_\infty - V = 8,1 \text{ см}^3$; $V_\infty/(V_\infty - V) = 40,0 / 8,1 \approx 4,9383$; $\ln(4,9383) \approx 1,5970$; $k_1 \approx 1,5970 / 80 \approx 0,020 \text{ мин}^{-1}$.

$t = 100$ мин, $V = 34,6$ см³: $V_{\infty} - V = 5,4$ см³; $V_{\infty}/(V_{\infty}-V) = 40,0 / 5,4 \approx 7,4074$; $\ln(7,4074) \approx 2,0025$; $k_1 \approx 2,0025 / 100 \approx 0,020$ мин⁻¹.

Среднее $k \approx 0,020$ мин⁻¹, разброс менее 0,0001

Константа k остаётся практически постоянной, что соответствует кинетическому уравнению первого порядка. Следовательно, реакция разложения N₂O₅ в данном эксперименте является реакцией первого порядка.

Проверка второго порядка реакции:

Используем уравнение: $\frac{1}{V_{\infty}-V} - \frac{1}{V_{\infty}} = k't$, где $V_{\infty} = 40$ см³.

$1/V_{\infty} = 1 / 40,0 = 0,02500$.

$t = 20$ мин, $V_{\infty}-V = 26,8$: $1/(V_{\infty}-V) \approx 0,03731$; разность = $0,03731 - 0,02500 = 0,01231$; $k_2' \approx 0,01231 / 20 \approx 0,0006$ см⁻³·мин⁻¹.

$t = 40$ мин, $V_{\infty}-V = 18,0$: $1/(V_{\infty}-V) \approx 0,05556$; разность = $0,05556 - 0,02500 = 0,03056$; $k_2' \approx 0,03056 / 40 \approx 0,0008$ см⁻³·мин⁻¹.

$t = 60$ мин, $V_{\infty}-V = 12,0$: $1/(V_{\infty}-V) \approx 0,08333$; разность = $0,08333 - 0,02500 = 0,05833$; $k_2' \approx 0,05833 / 60 \approx 0,0010$ см⁻³·мин⁻¹.

$t = 80$ мин, $V_{\infty}-V = 8,1$: $1/(V_{\infty}-V) \approx 0,12346$; разность = $0,12346 - 0,02500 = 0,09846$; $k_2' \approx 0,09846 / 80 \approx 0,0012$ см⁻³·мин⁻¹.

$t = 100$ мин, $V_{\infty}-V = 5,4$: $1/(V_{\infty}-V) \approx 0,18519$; разность = $0,18519 - 0,02500 = 0,16019$; $k_2' \approx 0,16019 / 100 \approx 0,0020$ см⁻³·мин⁻¹.

Значения k' не постоянны, реакция не является реакцией второго порядка.

3. Период полуразложения $t_{1/2}$ (в мин) при 42 °С:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0,693}{0,020} \approx 34,66 \text{ мин}$$

$$4. k_{50^{\circ}\text{C}} = \frac{\ln 2}{\frac{t_1}{2}} = \frac{0,693}{825} \approx 8,4 \times 10^{-4} \text{ с}^{-1} = 5,04 \times 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$$

$$k_{42^{\circ}\text{C}} = 2,001 \times 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$$

$$42^{\circ}\text{C} = 315 \text{ К}, 50^{\circ}\text{C} = 323 \text{ К}$$

$$E_a = \frac{RT_2T_1}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_{50}}{k_{42}} = \frac{8,314 \times 315 \times 323}{323 - 315} \ln \frac{5,04 \times 10^{-2}}{2,001 \times 10^{-2}}$$

$$= 97,6 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

5. Разложение N₂O₅ - реакция первого порядка $2\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$

Скорость: $v = k[\text{N}_2\text{O}_5]$.

Пусть $t_{1/2}$ — период полураспада.

Тогда время $t = 3 \cdot t_{1/2}$

Для первого порядка: $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$

Значит: $t = 3 \cdot \frac{\ln 2}{k} = \frac{3 \ln 2}{k}$

Кинетическое уравнение для первого порядка

$$C = C_0 e^{-kt}$$

Подставляем t :

$$\frac{C}{C_0} = e^{-k \cdot \frac{3 \ln 2}{k}} = e^{-3 \ln 2} = e^{\ln 2^{-3}} = \frac{1}{2^3} = \frac{1}{8}$$

То есть остаётся $1/8$ от начального количества.

Доля разложившегося вещества

$$1 - \frac{1}{8} = \frac{7}{8} = 0,875$$

Расчёт оставшейся концентрации N_2O_5 :

$$C = C_0 \times (1 - \alpha)$$

где $\alpha = 0,875$ — доля разложения.

$$C = 0,12 \times (1 - 0,875) = 0,12 \times 0,125 = 0,015 \text{ моль/л.}$$

Через время $t = 3t_{1/2}$ концентрация N_2O_5 составит $0,015$ моль/л

Задача 5.

Решение:

A



D



G



H



B



E



I



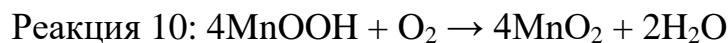
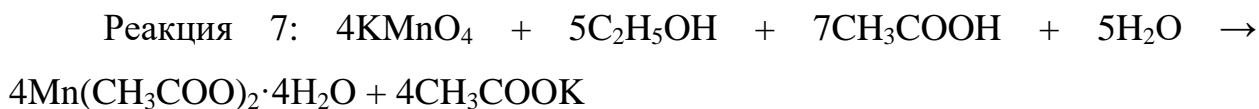
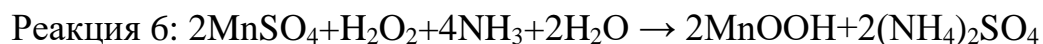
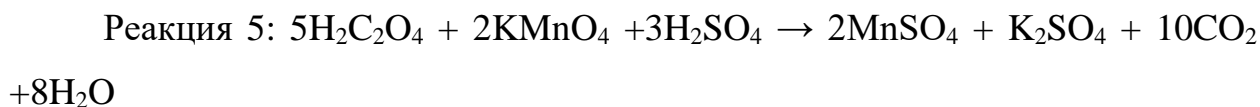
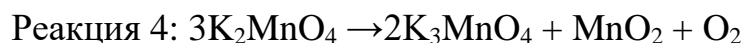
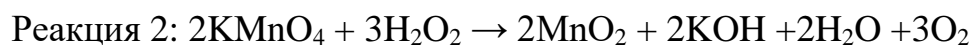
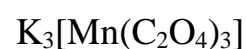
C



F



J



ХИМИЯ 11 КЛАСС
КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ
Вариант III

Задача 1.

1. За установление структурной формулы соединения **A** – **1 балл**.
2. За установление структурной формулы соединения **B** – **2 балла**.
3. За установление структурной формулы соединения **C** – **2 балла**.
4. За установление структурной формулы соединения **D** – **3 балла**.
5. За установление структурной формулы соединения **E** – **3 балла**.
6. За установление структурной формулы соединения **F** – **3 балла**.
7. За установление структурной формулы соединения **G** – **4 балла**.

Итого: 18 баллов

Задача 2.

1. За установление структурной формулы соединения **A** – **2 балла**.
2. За установление структурной формулы соединения **B** – **2 балла**.
3. За установление структурной формулы соединения **C** – **2 балла**.
4. За установление структурной формулы соединения **D** – **2 балла**.
5. За установление структурной формулы соединения **X** – **2 балла**.
6. За установление структурной формулы соединения **W** – **2 балла**.
7. За установление структурной формулы соединения **Y** – **2 балла**.

Итого: 14 баллов

Задача 3.

1. За написание схем позитронного распада для ^{11}C , ^{18}F , ^{68}Ga по 1 баллу – всего **3 балла**.
2. За установление структурных формул соединений **A** – **M** и ^{18}F Флубатина по 1 баллу – всего **14 баллов**.
3. За полностью правильное указание хиральных центров в молекуле (-)-Флубатина – **2 балла**.
4. За объяснение символа (-); невозможности синтеза (+)- ^{18}F Флубатина из **L**; идентичности химических свойств нерадиоактивного Флубатина и радиоактивного ^{18}F Флубатина по 1 баллу – всего **3 балла**.
5. За установление радиохимического выхода – **4 балла**.

6. За написание уравнений ядерных реакций по 1 баллу – всего **4 балла**.

Итого: 30 баллов

Задача 4.

Критерии:

1. За верное заполнение ячеек таблицы – по 1 баллу – **9 баллов**
2. За верное определение порядка реакции реакции разложения N_2O_5 – **3 балла**
3. За верный расчет константы скорости реакции k и период полураспада $t_{1/2}$ (в мин) – по 1,5 балла – **2 балла**
4. За верный расчет энергии активации реакции (в кДж/моль) – **3 балла**
5. За верный расчет доли разложившегося вещества – **1 балл**

Итого 18 баллов

Задача 5.

Критерии:

1. За верное определение веществ А, В, С, D, E, F, G, H, I, J — по 0,5 балла за каждое – **5 баллов**
2. По 1,5 балла за каждое правильное и уравненное уравнение в цепочке - 10 уравнений – **15 баллов**
(Если реакция записана верно, но не уравнена – 1 балл)

Итого: 20 баллов